



**João Filipe Domingues Lopes**

Licenciado em Dietética e Nutrição

## **Cultivo e processamento de plantas aromáticas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professora Doutora Benilde Simões Mendes

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Margarida Boavida Pontes Gonçalves

Vogais: Prof. Doutora Maria Eduardo Costa Morgado Figueira

Prof. Doutora Benilde Simões Mendes



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2014**

# **Cultivo e processamento de plantas aromáticas**

© João Filipe Domingues Lopes

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha orientadora Professora Doutora Benilde Mendes, pela disponibilidade, interesse demonstrado e pelo apoio durante todo o processo da minha dissertação.

A todos os docentes que lecionaram neste mestrado.

À minha mãe, ao Dionísio, às minhas irmãs, aos meus cunhados, e em especial à Eva e aos meus camaradas do Regimento de Transportes, pelo suporte e sem os quais não teria sido possível concretizar o mestrado.

Ao Sr. Jorge Alves das Ervitas Catitas® e ao Sr. André Urgueira da Versão Alfazema® por me terem recebido nas suas explorações e pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os que acreditaram em mim.



## **Resumo**

Recentemente assistiu-se a um crescimento de explorações de plantas aromáticas e medicinais. A qualidade final destas é influenciada por diversos fatores, que vão desde as práticas agrícolas ao seu processamento. No processamento, a maioria dos custos são relacionados com a secagem, pelo que a utilização de secadores solares é fundamental no controlo dos custos, aumentando a competitividade das explorações agrícolas de plantas aromáticas e medicinais no mercado. No que concerne aos seus óleos essenciais, as práticas agrícolas extremas e a região de implementação da exploração pode provocar alterações num ou mais constituintes da composição do óleo essencial, pelo que se deve ter em atenção estes fatores pois podem provocar perda de qualidade do produto final.

Palavras-chave: Plantas aromáticas e medicinais; secagem; secadores solares; óleos essenciais; qualidade



## **Abstract**

Recently there has been an increase of farms of aromatic and medicinal plants and its final quality is influenced by several factors, ranging from agricultural practices to their processing. In the processing, the majority of costs are related to drying, and so solar dryers are crucial in controlling costs while increasing competitiveness in farms of aromatic and medicinal plants in the market. With regard to its essential oils, extreme farming practices and the implementation region of the exploration area can cause changes in one or more constituents of the essential oil composition, it must therefore be aware such factors which can cause loss of quality of the final product.

Keywords: aromatic and medicinal plants; drying; solar dryers; essential oils; quality





# Índice de Conteúdos

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos .....	xv
Introdução.....	1
Objetivos e método da realização da dissertação .....	2
1. Caracterização do cultivo das plantas aromáticas em Portugal .....	2
1.1. Alecrim .....	3
1.2. Salva .....	6
1.3. Tomilho .....	9
1.4. Cidreira.....	11
1.5. Loureiro .....	14
2. Secagem das plantas aromáticas .....	17
2.1. Secagem natural.....	18
2.2. Secagem por ar quente.....	18
2.3. Secadores solares .....	19
2.3.1. Secadores solares de convecção natural (passivos).....	20
2.3.1.1. Exposição direta tipo armário .....	20
2.3.1.2. Exposição direta tipo estufa.....	22
2.3.1.3. Secadores solares mistos.....	23
2.3.1.4. Exposição indireta .....	24
2.3.2. Secadores solares de convecção forçada (ativos) .....	24
2.3.2.1. Exposição direta.....	24
2.3.2.2. Exposição indireta .....	25
2.3.3. Secadores híbridos .....	26
2.3.3.1. Com suporte de armazenamento térmico .....	26
2.3.3.2. Com unidade de aquecimento auxiliar .....	27
2.3.3.3. Com painéis solares fotovoltaicos.....	28

2.3.3.4. Outros auxiliares .....	29
3. Óleos essenciais .....	31
3.1. Extração de óleos essenciais.....	38
3.2. Identificação dos componentes de óleos essenciais.....	42
3.3. Influência da secagem nos óleos essenciais das plantas aromáticas .....	43
4. Qualidade.....	49
5. Conclusão .....	53
6. Perspetivas futuras.....	55
7. Referências Bibliográficas .....	57

## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Alecrim .....	4
Figura 1.2 – Salva.....	7
Figura 1.3 - Tomilho .....	9
Figura 1.4 – Cidreira .....	12
Figura 1.5 – Loureiro.....	14
Figura 2.1 – Representação de secadores solares de acordo com a sua classificação (adaptado de Ekechukwu e Norton, 1999) .....	20
Figura 2.2 – Exemplo de secador solar de exposição direta tipo armário (Fudholi et al., 2010) ..	21
Figura 2.3 – Exemplo de um secador solar passivo do tipo estufa e exposição solar direta (adaptado de Ekechukwu e Norton, 1999) .....	23
Figura 2.4 – Exemplo de um secador em forma de concha (adaptado de Fudholi et al., 2010) ..	24
Figura 2.5 – Exemplo de um secador tipo túnel com ventoinha de exposição solar direta, o pavimento está forrado com cor escura para reter mais calor (Belessiotis e Delyannis, 2011) .....	25
Figura 2.6 – Secador solar ativo com coletor de energia solar. (1. Coletor solar; 2. Ventoinha; 3. Fogão; 4. Câmara de desidratação) (adaptado de Fudholi et al., 2010).....	26
Figura 2.7 – Exemplo da utilização de painéis fotovoltaicos na secagem de produtos alimentares, à direita estão representados os painéis fotovoltaicos no telhado (adaptado de Sharma et al., 2009) .....	29



## Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Cinco principais compostos do óleo essencial de <i>Rosmarinus Officinalis</i> L.....	6
Tabela 1.2 – Cinco principais compostos do óleo essencial de <i>Salvia officinalis</i> L. ....	8
Tabela 1.3 – Cinco principais compostos do óleo essencial do <i>Thymus vulgaris</i> L.....	11
Tabela 1.4 – Cinco principais compostos do óleo essencial da <i>Melissa officinalis</i> L. ....	13
Tabela 1.5 – Cinco principais compostos do óleo essencial de <i>Laurus Nobilis</i> L. ....	15



## Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

**BPAR** – Boas Práticas Agrícolas e de Recolha  
**CaCl<sub>2</sub>** – Cloreto de cálcio  
**cm** – centímetro  
**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de carbono  
**°C** – graus Celsius  
**DMAPP** - Dimetialil pirofosfato  
**FID** - Detetor de ionização de chama  
**FPP** - Farnesil pirofosfato  
**g** - grama  
**GC** – Cromatografia gasosa  
**GC-MS** - Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa  
**GGPP** - Geranilgeranil pirofosfato  
**GPP** - Geranil pirofosfato  
**GPL** – Gás de Petróleo Liquefeito  
**h** - horas  
**ha** – hectare  
**HD** – “*Headspace*” Dinâmico  
**HPLC** - Cromatografia líquida de alta eficiência  
**ΔH<sub>r</sub>** – Entalpia da reação  
**IPP** - Isopentenil pirofosfato  
**ISO** - *International Organization for Standardization*  
**K** - Potássio  
**K<sub>2</sub>O** – Óxido de potássio  
**Kg** – quilograma  
**L** - litro  
**m** – metro  
**m<sup>2</sup>** – metro quadrado  
**m<sup>3</sup>** – metro cúbico  
**mg** – miligrama  
**min** - minuto  
**mm** – milímetro  
**mM** - milimolar  
**MS** – Espectrometria de massa  
**N** – Azoto  
**NaCl** – Cloreto de sódio  
**NH<sub>3</sub>** - Amoníaco  
**NP** – Norma Portuguesa  
**P** - Fósforo

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** – Pentóxido de fósforo

**PAM** – Plantas Aromáticas e Medicinais

**pH** – potencial de Hidrogénio

**ppm** – partes por milhão

**PRODER** – Programa de Desenvolvimento Rural

**s** – segundo

**SDE** – Extração e Destilação Simultânea

**T**- tonelada

**TLC** – Cromatografia de camada delgada

**v/v** – volume soluto / volume de solução

**W** – Watt



## Introdução

Desde os primórdios da humanidade que o homem utiliza e depende das plantas, utilizando-as como alimento, medicamento, na construção de abrigos e no aquecimento. Desde sempre as plantas aromáticas foram associadas a crenças e ritos mágicos, essencialmente pelo odor intenso que libertam ao serem queimadas. Os povos mais primitivos queimavam as plantas de odor agradável para pedir proteção aos bons deuses, e as de odor desagradável para afugentar animais, inimigos e afastar deuses maléficos. E desde há 5000 anos as plantas aromáticas são destiladas e entram em receitas de balsamos, poções e fazendo parte de técnicas de prevenção e tratamento de doenças (Cunha *et al.*, 2009; Mamedov, 2012; Polese, 2009).

Nas civilizações orientais, os resultados terapêuticos dos sistemas de prevenção de doenças criaram a medicina tradicional chinesa (Cunha *et al.*, 2009; Mamedov, 2012). A medicina egípcia, embora se apoiasse em elementos divinos e mágicos, empregava muitas plantas aromáticas como anis, cominhos e funcho entre outras, bem como os seus óleos essenciais (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009). Na Grécia Hipócrates, conhecido como o “Pai da Medicina” indicava banhos aromáticos no seu livro “Aforismos”. Também Galeno e Plínio deixaram um legado importante ao nível de fórmulas terapêuticas, e ao nível de vegetais produtores de óleos essenciais respetivamente (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009). Mais tarde, os Romanos, que acreditavam nas virtudes dos banhos aromáticos, introduziram o cultivo das plantas aromáticas, principalmente da salva (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009). A civilização Árabe com o seu interesse pela química desenvolveu a destilação das plantas aromáticas. (Cunha *et al.*, 2009). Na Idade Média as plantas aromáticas eram utilizadas para mascarar o odor dos alimentos, onde normalmente a frescura nem sempre estava garantida e também na preparação de “unguentos maravilhosos” por meio de fórmulas mágicas em prol da saúde (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009).

No Renascimento o empirismo da medicina da Idade Média cede lugar à experimentação. Ao mesmo tempo que vão sendo utilizados novos fármacos nas terapêuticas e vão-se desenvolvendo hortas nos jardins dos mosteiros e mansões com plantas aromáticas e especiarias, que eram muito apreciadas nas refeições da alta sociedade mas cujo preço era elevado (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009).

As plantas aromáticas, medicinais e condimentares (PAM) abrangem uma enorme quantidade de espécies que podem ser aplicadas nas indústrias alimentar, farmacêutica, química e cosmética, através da extração de substâncias ativas ou de óleos essenciais, podendo também ser utilizadas para infusões, em qualquer um dos casos poderá ou não existir processamento consoante o fim a que se destinam (MAM, 2013).

## **Objetivos e método da realização da dissertação**

O recente aumento de produtores de PAM que tem existido em Portugal nos anos mais recentes provenientes das mais diversas áreas de formação faz com que este seja um tema de enorme pertinência na atualidade. A carência de informação técnica e de estudos relacionados com as PAM em Portugal, torna este tema pertinente e necessário para que haja uma compilação de alguns dos assuntos relacionados com o cultivo, processamento e qualidade das PAM.

Assim os objetivos específicos deste estudo foram:

- Caracterizar o cultivo das PAM em Portugal;
- Descrever a caracterização botânica, distribuição, usos tradicionais e cultivo de 5 espécies de PAM;
- Definir formas de secagem das PAM através da utilização de secadores solares;
- Referir e caracterizar diferentes tipos de secadores solares;
- Enunciar principais compostos presentes nos óleos essenciais das PAM, fatores que influenciam a sua composição, métodos de extração e identificação, bem como influência do seu armazenamento;
- Identificar padrões e controlo de qualidade para PAM.

Este estudo será efetuado através da revisão bibliográfica existente.

### **1. Caracterização do cultivo das plantas aromáticas em Portugal**

Em Portugal só recentemente se assistiu a um crescimento da produção organizada e conduzida deste tipo de explorações agrícolas. De acordo com o Ministério da Agricultura e do Mar (2013) este tipo de explorações duplicou no período de 2009 a 2012, havendo um aumento de 80ha para 180ha na área das explorações. Também o número de produtores aumentou de 93 para 147. Estes números devem-se principalmente à entrada no sector de jovens agricultores com elevado grau de escolaridade e que se instalaram ao abrigo do programa PRODER (MAM, 2013).

Um terço dos produtores portugueses vende a sua produção em verde e os restantes vendem a planta seca. Cerca de dez por cento dedicam-se à extração de óleos essenciais das plantas e um quarto é viveirista. Aproximadamente dois terços das explorações são em modo de produção biológico (MPB) o que corresponde à quase a totalidade dos produtores que comercializam a planta seca. As explorações têm em média 2,5ha, sendo que o produtor em modo biológico tem em média 1,65ha de exploração e o convencional uma exploração média de 4,84ha. De uma forma geral encontram-se disseminados por todo o país, apesar de existir uma maior concentração na zona costeira. O seu mercado alvo é geralmente o interno para os produtores convencionais e o externo para os produtores em modo biológico (MAM, 2013).

Relativamente ao tipo de cultivo e comercialização as PAM frescas são geralmente espécies temporárias de ciclos curtos, e as PAM secas espécies lenhosas e permanentes com uma vida útil de 5-7 anos (MAM, 2013). A maioria dos produtores tem uma dimensão física média baixa, entre 1-1,5ha, cultivando 3 a 4 espécies, com uma dimensão por cultura de 0,3 a 0,4ha. O solo é coberto por uma tela, que evita o desenvolvimento de infestantes, mas que dificulta a sua gestão, quer a nível de arejamento, quer a nível de incorporações de matéria orgânica, sendo esta última só possível através de forma líquida (MAM, 2013).

A gestão das espécies em cultivo pelos produtores é em geral determinada pela adaptabilidade às condições edafoclimáticas, oferta de mão-de-obra, facilidade na aquisição de equipamentos, secagem, separação das folhas, a existência ou não de comprador e conhecimento do mercado. A implementação é efetuada por material vegetativo proveniente de viveiristas conhecidos e na reposição de plantas o material geralmente é criado dentro da própria exploração que mantém um “viveiro” para essa finalidade (MAM, 2013).

Relativamente ao mercado existe uma grande amplitude de preços que podem variar consoante a forma de comercialização: a granel ou embalado, planta inteira ou apenas folha, venda a um intermediário ou consumidor final, para o mercado interno ou externo. Existem ainda formas de acrescentar valor ao produto através do local de venda, da embalagem e modo de produção (MAM, 2013).

Este é um sector com um potencial de crescimento elevado devido às empresas instaladas e em fase de instalação e que se centra no segmento de PAM biológicas para secar. Existem, no entanto fatores limitantes como: as exigências técnicas, a utilização de mão-de-obra, os custos financeiros para gestão das explorações, dificuldades de escoamento e a pequena dimensão das explorações. Devido ao crescimento deste mercado tanto a nível comunitário, como a nível mundial, serão necessárias explorações de dimensões superiores às existentes para se conseguir colocar individualmente o produto no mercado (MAM, 2013).

### **1.1. Alecrim**

Nome científico *Rosmarinus officinalis* L., pertence à família das Lamiáceas. É uma espécie de origem mediterrânica que se apresenta como um arbusto nanofanerófito com uma altura entre 1,5 a 2m, com caules lenhosos de porte ereto e perenifólio (Figura 1.1). As folhas têm uma coloração verde escura, brilhantes, lineares, espessas e ligeiramente pontiagudas que têm um forte aroma canforáceo e as flores, que aparecem geralmente em Outubro, têm uma cor azul-pálida ou branca na zona das axilas das folhas (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Polese, 2009). As partes úteis são as folhas, partes aéreas floridas e óleos essenciais (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987).

A planta é típica do sul da Europa, litoral mediterrânico, norte de África e sudoeste asiático. Em Portugal é espontânea no centro e sul e subespontânea e cultivada no norte do país. Tem

preferência por um habitat xerofílico, pobre e calcário. O solo deve também ser profundo, permeável, bem drenado e com um pH entre os 5,0 e os 7,5 (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987). Pode ser plantada até aos 1400 metros de altitude, em lugares abrigados. Prefere um clima temperado e tem uma grande plasticidade relativamente às mudanças de habitat habitual, tolerando geadas e temperaturas elevadas. Quando cultivada deverá ser colocada com boa exposição solar, uma vez que beneficia o desenvolvimento (Almeida, 2006; Muñoz, 1987).



Figura 1.1 – Alecrim

A multiplicação do *Rosmarinus officinalis* pode ser efetuada por semente, estacas caulinares ou divisão de pés (Almeida, 2006; Muñoz, 1987; Polese, 2009). A sementeira é efetuada na primavera, podendo recolher-se diretamente da planta mãe. O número de sementes por cada grama é variável, mas em termos médios ronda as 1000 sementes (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A germinação óptima das sementes ronda os 20°C de temperatura, porém a sua capacidade germinativa é muito diminuta, cerca de 40% e as plantas têm um crescimento inicial lento (Almeida, 2006; Muñoz, 1987; Polese, 2009).

A reprodução do alecrim por estacas caulinares é mais fácil e rápida. As estacas devem ter entre 8 a 15 cm e ser colocadas num substrato bem drenado. As folhas da extremidade que se vai introduzir no substrato devem ser retiradas (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). As estacas para enraizamento podem ser colocadas no substrato em março (Muñoz, 1987) ou entre outubro e dezembro (Almeida, 2006), devendo ser transplantados após o enraizamento na primavera seguinte ou no outono (Almeida, 2006; Muñoz, 1987; Polese, 2009). Existem vários fatores que afetam o enraizamento de estacas, sendo divididos em químicos (endógenos e exógenos que promovem o enraizamento), intrínsecos da planta (juventude, tipo de estaca, presença de folhas), ambientais (humidade, luz, temperatura) e outros, como o substrato (Couvillon, 1988). Para efetuar o enraizamento mais rapidamente pode-se utilizar um regulador de crescimento do tipo auxínico (Almeida, 2006).

Na preparação do terreno é necessário aplicar cerca de 30 a 50 toneladas de material orgânico (esterco bem curtido) por hectare (Muñoz, 1987). O fornecimento anual de elementos minerais deve ser de 60 a 80 Kg/ha de N e  $P_2O_5$  e de 80 a 100 Kg/ha de  $K_2O$  (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A mobilização do terreno deve ser feita em modo de produção biológica, podendo colocar-se uma tela anti-infestante com o intuito de controlar as infestantes. A plantação do alecrim deve ter uma distância de 0,80 a 1,60 m entre linhas e 0,50 m entre plantas e a densidade máxima de plantação por hectare de 20000 pés (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A *Chrysolina americana* L. é a principal praga do alecrim, que se alimenta das suas folhas, e também o *Fusarium spp.* que é responsável pela podridão no colo do alecrim (Almeida, 2006; FERA, 2002; Muñoz, 1987).

A colheita do alecrim pode ser efetuada todo o ano. No entanto, se a colheita se destinar à extração de óleos essenciais, deve ser efetuada em plena floração, pois as concentrações de óleos essenciais são maiores, aumentando o rendimento da extração. Por outro lado, se a colheita for destinada à produção de condimento, o corte deve ser efetuado em maio após a floração, ou durante todo o ano, exceto na altura de floração e verões muito secos, para evitar uma desfolha excessiva na planta (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). Os rendimentos das colheitas variam consoante o processo tecnológico de conservação que for aplicado ao alecrim colhido. Assim se não for aplicado nenhum tipo de processo conservação é esperado um rendimento por hectare de 8 a 10 toneladas de raminhos frescos colhidos, mas se estes forem submetidos a um processo de secagem a produção obtida é de 2 a 3 toneladas. Em termos de folhas secas, obtidas após separação das folhas dos ramos, é de esperar um rendimento de cerca de 20 a 25% da produção obtida em fresco. A nível de óleos essenciais esse rendimento é de cerca de 0,5 a 0,6% da produção em fresco (Muñoz, 1987).

O óleo essencial do alecrim é constituído essencialmente por  $\alpha$ -pineno (até 30 por cento), 1,8-cineol (15 a 30 por cento), cânfora (15 a 25 por cento) e  $\beta$ -pineno, canfeno, limoneno, mirceno,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -terpineol, borneol livre e esterificado pelo ácido acético, verbenol, verbenona (tabela 1.1). No entanto, a sua composição varia com a espécie, a região geográfica de cultivo, o tipo de processamento que sofreu até à extração e o período em que foi efetuada a colheita (May *et al.*, 2010; Cunha *et al.*, 2009). Está amplamente descrita a utilização da planta como mézinha tradicional, em forma de infusão, devido á presença de flavonóides e compostos polifenólicos, possui atividade colerética (facilita o esvaziamento da vesícula biliar), antiespasmódica e hepatoprotetora, estimulante de secreções gástricas, da circulação sanguínea, diurética e sedante (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Spiridonov, 2012).

As folhas e partes aéreas contêm entre outros constituintes cerca de 1 a 2,5 por cento de óleo essencial, taninos e flavonóides (Cunha *et al.*, 2009). O óleo essencial terá ação anti-séptica, anti-reumático e anti-inflamatória, estimulante da circulação sanguínea e do sistema nervoso devido à presença de cânfora no óleo essencial (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987). Desta forma, o alecrim é tradicionalmente utilizado em fitoterapia como coadjuvantes em tratamentos

de reumatismo, em cosmética para tratamento de calvície, na perfumaria, na aromaterapia para tratamentos do aparelho respiratório e na indústria alimentar como aromatizante e antioxidante (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Nieto *et al.*, 2010; Velasco e Williams, 2011).

Tabela 1.1 – Cinco principais compostos do óleo essencial de *Rosmarinus Officinalis* L.

Composto	Percentagem (%)	Origem	Referência bibliográfica
$\alpha$ -pineno	19,6	Itália	Baratta <i>et al.</i> , 1998
1,8-cineol	13,0		
Cânfora	12,6		
$\alpha$ -terpineol	12,3		
Borneol	10,0		
Mirceno	17,3 – 29,3	Portugal	Serrano <i>et al.</i> , 2002
Cânfora	16,7 – 21,2		
1,8-cineol + limoneno	12,8 – 18,9		
$\alpha$ -pineno	8,2 – 9,6		
$\beta$ -Pineno	4,1 – 6,6		
$\alpha$ -pineno	36,42	Espanha	Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2007
Cânfora	15,05		
1,8-cineol	12,02		
Canfeno	11,08		
Borneol	4,0		
1,8-cineol	52,4	Argélia	Boutekedjiret <i>et al.</i> , 2004
Cânfora	12,6		
$\beta$ -pineno	5,7		
$\alpha$ -pineno	5,2		
$\beta$ -cariofileno	4,2		
1,8-cineol	21,3 – 46,4	Hungria	Domokos <i>et al.</i> , 1997
Cânfora	13,0 – 31,0		
$\beta$ -pineno	5,3 – 13,7		
$\alpha$ -pineno	4,1 – 14,4		
Verbenona	2,5 – 11,1		

## 1.2. Salva

Nome científico é *Salvia officinalis* L. é uma planta vivaz, subarbustiva, que pode crescer até 80 cm. As folhas são rugosas, espessas, oval-lanceoladas e de cor verde acinzentada (Figura 1.2). As inflorescências estão agrupadas em verticilastros de 5 a 10 flores, dispostos em espigas terminais, com um cálice de 10 a 14 mm e corola até 35 mm e de cor azul, violeta, branca ou rosa. As partes úteis são as folhas, partes aéreas floridas e óleos essenciais (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Polese, 2009).

É uma planta cultivada por todo o globo, originária da bacia oriental do Mediterrâneo e introduzida na Península Ibérica, encontrando-se por vezes como subespontânea em Portugal (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987). A planta tem preferência por um clima temperado a quente, é tolerante ao stress hídrico, que se for acentuado afeta o crescimento normal da planta diminuindo a sua produtividade, e às geadas moderadas e não persistentes, e o seu cultivo pode ser efetuado até os 1800 m (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). É uma planta que se adapta a diversos solos, tanto ao nível de textura como de pH, que varia de 5 a 9, no

entanto para condições favoráveis de desenvolvimento de óleos essenciais a planta deve ser colocada num solo bem drenado, calcário e com exposição solar (Muñoz, 1987; Polese, 2009).



Figura 1.2 – Salva

A propagação da planta pode ser efetuada por sementeira, estacaria ou divisão de pés, porém o método economicamente mais viável é a sementeira em viveiro para transplantação. As sementes têm uma capacidade germinativa de até 90% a 20°C e o peso médio de 1000 sementes é cerca de 6,3g. A sementeira em viveiro deve ser efetuada em janeiro – fevereiro e transplantada em abril. A sementeira direta deve ser efetuada em após terem passado as geadas. A propagação por estacas de *Salvia officinalis* deve ser realizada nos meses de março ou abril, pois a percentagem de enraizamento é superior e estas devem ter entre 6 a 12 cm (Almeida, 2006; Muñoz, 1987; Polese, 2009)..

A divisão de pés deverá ser efetuada no final do inverno e a planta com raiz tem de ser instalada no terreno definitivo (Muñoz, 1987). Na preparação do terreno deve utilizar-se 20 toneladas de material orgânico (esterco bem curtido) por hectare e uma fertilização anual de 40-50 Kg/ha de N, 80-100 Kg/ha de  $P_2O_5$  e de 80-100 Kg/ha de  $K_2O$ . Em termos de cultivo é útil efetuar uma adubação de 30Kg/ha de N após o primeiro corte cm (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A mobilização do terreno deve ser feita no modo de produção biológica, e pode ser colocada uma tela anti-infestante com o intuito de controlar as infestantes. A instalação da cultura é executada com um espaçamento de 60-80 cm entrelinhas e com uma separação de



40 cm na linha (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A salva é uma planta que geralmente não sofre ataques com impacto económico na sua produção, porém pode sofrer ataques de ácaros, pulgões e de mosca branca, especialmente se for produzida em estufas (Muñoz, 1987).

A época de colheita depende do destino da produção. Assim para a extração de óleos essenciais deve-se colher a planta em floração e para a produção de folhas secas e/ou frescas o corte deve ser efetuado antes da floração, podendo a partir do segundo ano efetuar-se dois cortes um em junho e outro em setembro cm (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A planta tem rendimento de produção de cerca de 6 T/ha de planta fresca, que se traduz em cerca de 1,5 T/ha de planta seca, esta produção pode aumentar até ao quarto ano podendo atingir as 4T/ha de planta seca, diminuindo nos anos subsequentes pelo que é conveniente iniciar a substituição da plantação. Os rendimentos das folhas secas variam de 900 a 1200 Kg/ha e tem um rendimento ao nível dos óleos essenciais de cerca de 1 a 2,5% de material seco (Muñoz, 1987).

Tabela 1.2 – Cinco principais compostos do óleo essencial de *Salvia officinalis* L.

Composto	Percentagem (%)	Origem	Referência bibliográfica
Cânfora	26,4	Itália	Baratta <i>et al.</i> , 1998
$\alpha$ -tuiona	24,7		
1,8-cineol	9,6		
Canfeno	6,6		
$\beta$ -tuiona	6,4		
$\alpha$ -tuiona	24,29	Albânia	Aleksovski e Sovová, 2007
Cânfora	23,72		
1,8-cineol	7,96		
Canfeno	7,61		
Viridiflorol	6,41		
Cânfora	23,9	França	Raal <i>et al.</i> , 2007
$\alpha$ -tuiona	21,0		
1,8-cineol	11,9		
$\beta$ -tuiona	10,1		
Viridiflorol	5,6		
Cânfora	28,5	Rússia	Raal <i>et al.</i> , 2007
1,8-cineol	17,0		
$\alpha$ -tuiona	16,2		
Canfeno	7,1		
$\beta$ -tuiona	7,1		
$\alpha$ -tuiona	22,4	Ucrânia	Raal <i>et al.</i> , 2007
1,8-cineol	13,7		
Cânfora	12,9		
$\beta$ -tuiona	11,6		
$\alpha$ -pineno	3,7		
$\alpha$ -tuiona	18,6	Hungria	Raal <i>et al.</i> , 2007
1,8-cineol	14,6		
Cânfora	13,7		
Viridiflorol	8,3		
$\beta$ -tuiona	6,6		



O óleo essencial é constituído por monoterpenos ( $\alpha$  e  $\beta$ -tuiona, 35 a 65 por cento, cânfora, borneol, 1,8-cineol) e sesquiterpenos ( $\beta$ -cariofileno e outros) (Tabela 1.2) (Cunha *et al*, 2009, Porte *et al*, 2013). As folhas e partes aéreas floridas têm na sua composição 1 a 2,5 por cento de óleo essencial e têm isoflavonas, flavonóides, ácidos fenólicos entre outros constituintes na sua composição (Cunha *et al*, 2009). Está amplamente descrita a utilização da planta como mézinha tradicional, em forma de infusão, como um estimulante e tónico, na falta de apetite, dispepsias hiposecretoras, flatulência, excessiva sudação, amenorreia, menopausa, e o óleo essencial terá acção antimicrobiana, anti-sudorífera, germicida, cicatrizante (Cunha *et al*, 2009, Muñoz, 1987). Pode ser utilizada na indústria alimentar como conservante de carnes e as folhas são utilizadas para a obtenção de extratos antioxidantes. Na culinária é um condimento e aromatizante de vinagres e licores através das partes floridas, e pode ser utilizada na composição de pastas dentífricas, perfumaria e cosmética (Cunha *et al*, 2009, Muñoz, 1987; Velasco e Williams, 2011).

### 1.3. Tomilho

O tomilho pertence ao género *Thymus*, que apresenta cerca de 200 espécies, em que a mais utilizada e cultivada é o *Thymus vulgaris* L.. É uma planta aromática perene, lenhosa, subarborescente de pequeno porte (Figura 1.3). As folhas têm 3 a 8 mm têm a forma linear, são perenes, de inserção oposta e têm uma cor verde-acinzentada. As flores são agrupadas em forma de espiga na extremidade dos ramos e têm corola branca ou rosada. É uma planta que apresenta um elevado polimorfismo de quimiótipos, pelo que a se deve adequar a escolha dos cultivares com o objetivo da produção. As partes úteis são as folhas, partes aéreas floridas e óleo essencial (Almeida, 2006; Cunha *et al*., 2009; Muñoz, 1987; Polese, 2009).



Figura 1.3 - Tomilho

É uma planta espontânea na Península Ibérica e prefere solos secos e com boa exposição solar, não vegetando bem em solos argilosos e demasiado húmidos. São plantas pouco tolerantes à acidez do solo, preferindo solos com elevada concentração de bases. Pode ser cultivada até aos 1800 metros e tem preferência pelos climas temperados, temperados quentes e montanhosos, sendo resistente a geadas e secas, não tolera encharcamentos e excesso de humidade, podendo sobreviver a temperaturas de até -10°C (Almeida, 2006; Muñoz, 1987).

O tomilho pode ser propagado por sementes, divisão de pés ou por estacas caulinares. As sementes têm um peso médio de 0,265g por cada 1000 sementes e a uma temperatura de 20°C e 16 dias têm uma germinação média de 90%, podendo a sua sementeira ser realizada na Primavera em viveiro e a sua transplantação após as plantas atingirem pelo menos 6cm. Para enraizamento de estacas caulinares deverá utilizar-se como substrato uma mistura de turfa e perlite numa proporção de 1:1 (v/v), as estacas devem ser obtidas do último terço médio e superior quando a planta mãe está em atividade vegetativa para que a percentagem de enraizamento seja maximizada, visto que as estacas efetuadas durante o inverno geralmente têm normalmente uma percentagem 30 a 40% inferior ao normal. A divisão de pés é uma prática de propagação mais rápida no entanto tem o inconveniente de só se obter 20 a 30 plantas a partir da planta mãe, esta prática deve ser efetuada de novembro a março, enterrando a planta até pelo menos 10 cm de altura (Almeida, 2006; Muñoz, 1987).

O solo deve estar bem provido de matéria orgânica, assim antes da plantação deverá efectuar-se a aplicação de 40 a 50 t de esterco bem curtido e é necessário prover a cultura anualmente com 75-80Kg/ha de N, 50-60 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100-120 Kg/ha de K<sub>2</sub>O (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). A mobilização do terreno deve ser feita no modo de produção biológica, e pode ser colocada uma tela anti-infestante com o intuito de controlar as infestantes. A implementação da cultura deve estar com compassos de 60 a 80 cm entre cada fila e de 25-30 cm entre cada planta, a densidade de cultivo será de cerca de 40000 a 50000 plantas por hectare (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). Todas as plantas devem ser substituídas aos 3 ou 4 anos (Almeida, 2006). A principal praga que afeta o tomilho é o nemátode *Meloidogyne* spp., que ataca principalmente a zona radicular, e que é perceptível quando as folhas e ramos da parte superior do tomilho ficam com uma tonalidade amarela, devendo ser efetuada a desinfestação do solo e substituição das plantas para eliminar o problema (Almeida, 2006; Muñoz, 1987).

A altura em que se efetua o corte do tomilho depende do fim a que se destina. Assim se é para a extração de óleos essenciais o corte da cultura deve ser efetuado no início da floração, caso a cultura se destine à secagem para a indústria condimentar deve ser realizado durante a estação de crescimento. Os rendimentos da planta geralmente são de 4 a 5 T/ha de planta fresca e que após secagem equivale a 700 a 1500 Kg/ha. A sua produtividade em óleo essencial é de 30 a 40L/ha (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). Se o tomilho se destina à produção exclusiva da planta fresca esta deverá ser conservada no máximo durante 10 dias a uma temperatura de 0 a 10°C e com uma humidade relativa de 95% (Almeida, 2006).

Tabela 1.3 – Cinco principais compostos do óleo essencial do *Thymus vulgaris* L.

Composto	Porcentagem (%)	Origem	Referência bibliográfica
Timol	69,98	Hungria	Sárosi <i>et al.</i> , 2013
p – Cimenol	12,96		
Carvacrol	4,90		
γ – Terpineno	4,16		
β – Cariofileno	1,70		
Timol	49,1	Sérvia	Nikolic <i>et al.</i> , 2014
p – Cimenol	20,0		
γ – Terpineno	4,2		
β – Cariofileno	3,7		
Carvacrol	3,5		
Timol	44,7	Brasil	Porte e Godoy, 2008
p – Cimenol	18,6		
γ – Terpineno	16,5		
Carvacrol	2,4		
Mirceno	2,4		
Timol	21,38 – 60,15	Albânia	Asllania e Toskaa, 2003
p – Cimenol	7,76 – 43,75		
γ – Terpineno	4,20 – 27,62		
β – Cariofileno	1,30 – 3,07		
Carvacrol	1,15 – 3,04		
Timol	45,4	Irão	Nezhadal <i>et al.</i> , 2012
o – Cimenol	13,4		
γ – Terpineno	6,9		
Borneol	6,6		
4-terpineol	2,9		

O óleo essencial é essencialmente constituído por compostos fenólicos como timol e carvacrol e em pequenas quantidades de geraniol, terpineol, linalol e monoterpenos não oxigenados (Tabela 1.3). O tomilho deverá conter no mínimo 12ml/kg de óleo essencial e no mínimo 5mg/kg de fenóis, expressos em timol (Cunha *et al.*, 2009; European Pharmacopoeia, 2005). Está amplamente descrita a utilização da planta como mézinha tradicional, utilizada nas afeções das vias respiratórias, com ação antiespasmódica, brônquica, expectorante e antisséptica, e transtornos gastrointestinais. Está também descrita a sua utilização para tratamento de infeções e dores reumáticas, sobre a forma de pomadas e loções. Tem aplicação na aromatização de alimentos pré-preparados e como condimento, podendo ainda ser aplicado como componente de perfumes, detergentes e cosméticos (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987).

#### 1.4. Cidreira

O nome científico da cidreira é *Melissa officinalis* L., é uma planta herbácea, vivaz, com uma altura que pode variar de 30 cm a 1m (Figura 1.4). Tem os caules quadrangulares, eretos e ramosos. As folhas são ovais, pecioladas, dentadas e de inserção oposta, com a página superior verde-escura e a página inferior pubescente e verde-clara. As folhas têm ainda um odor a limão (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Polese, 2009). As flores têm a

corola de 8 a 15 mm branca ou rosada e amarelo-pálida antes de se abrirem, encontrando-se dispostas em verticilos de 4 a 12 flores na axila das folhas. O fruto é formado por 4 mericarpos com tamanhos que variam de 1,5 a 2 mm e floresce a partir de maio. As partes úteis são as folhas e caules frescos e secos antes da floração e óleos essenciais (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987).

Planta de climas temperados a temperados quentes, está disseminada pelo centro e sul de Europa e Portugal Continental e Madeira em lugares sombrios e húmidos, no entanto beneficia de exposição a sul, à meia sombra. Pode ser cultivada até aos 1000 metros e apesar de ser ter alguma rusticidade, as geadas fortes são prejudiciais à cultura. Não é muito exigente no que diz respeito ao solo, mas prefere os que apresentam consistência média, profundos, húmidos e ao mesmo tempo bem drenados, pois é sensível ao encharcamento (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987).



Figura 1.4 – Cidreira

Pode efetuar-se a sua propagação através de semente, divisão de pés ou por estacas caulinares. O peso médio de 1000 sementes é de cerca de 0,512g e a percentagem de germinação é de 35%, durante 24 dias a uma temperatura que pode variar dos 20 ao 30°C. A sementeira é efetuada em estufa durante fevereiro e março, sendo a transplantação realizada entre abril e maio. Através da divisão de pés a plantação é realizada em fevereiro e março ou em maio e junho nas regiões mais frias. Esta técnica permite uma implementação mais rápida da cultura de cidreira. É também conveniente verificar que todas as estacas estão sãs e que não têm qualquer tipo de praga quando se plantam. As necessidades iniciais de fertilização da cidreira são de 20 a 30 T de esterco por hectare, e as anuais são de 60Kg/ha de azoto, 60Kg/ha de  $P_2O_5$  e 80 Kg/ha de  $K_2O$ . Após o primeiro corte da cultura é aconselhável efetuar uma aplicação de 30 Kg/ha de N como cobertura (Almeida, 2006; Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Polese, 2009). A mobilização do terreno deve ser feita no modo de produção biológica, e

pode ser colocada uma tela anti-infestante com o intuito de controlar as infestantes. O espaço de plantação da cultura de cidreira deverá ter 60 a 70 cm no espaço entre linhas e 35 cm entre as plantas na linha, com uma densidade de cerca de 50000 plantas/ha (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). As pragas com maior impacto na cidreira são os gastrópodes e a ferrugem que aparece especialmente durante outonos quentes e húmidos (Muñoz, 1987).

A cultura de cidreira no primeiro ano tem um rendimento de 3 a 4 toneladas de planta fresca por hectare, o que equivale a cerca de 1 T de planta seca, conseguindo-se nos anos seguintes uma produção de 8 a 12 T de planta fresca por hectare, o equivalente a 5-7 T de planta seca, sendo que o peso relativo a folhas secas é de 2 T (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). Para a obtenção de óleos essenciais a cultura permite a extração de 25-30Kg por hectare/ano (Muñoz, 1987). A colheita deve ser realizada manualmente com tempo seco para evitar que as folhas fiquem com um tom escuro após a secagem e sempre antes do início da floração. No primeiro ano apenas é possível realizar uma colheita em julho-agosto, mas após o segundo ano é possível efetuar 2 colheitas, uma em julho e outra em agosto-setembro (Almeida, 2006; Muñoz, 1987). Se o material de colheita se destinar à obtenção de óleos essenciais a colheita da planta é realizada em plena floração (Muñoz, 1987).

O óleo essencial é essencialmente constituído por aldeídos monoterpénicos (citrinal, citronelal, neral e geranial), monoterpénos (linalol, limoneno) e sesquiterpenos (Tabela 1.4). As suas folhas contêm flavonóides, ácidos fenólicos, e devem no mínimo conter 4 por cento de derivados de hidroxycinânicos (ácido rosmarínico, cafeico e clorogénico). O óleo essencial é de cerca de 0,04 a 0,2 por cento, têm ainda triterpenos; mucilagens poliurónicas (Cunha *et al.*, 2009). Está amplamente descrita a utilização da planta como mézinha tradicional, com propriedades eupépticas, digestivas, sedativas, antissépticas, cicatrizantes e antivirais. Está também descrita a capacidade de diminuir o efeito das picadas dos insetos e atenuar os efeitos do herpes se o seu óleo essencial for diluído em óleo vegetal. É utilizada em ponches licores como o «Chartreuse» e «Benedictine», e em saladas e bebidas (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987).

Tabela 1.4 – Cinco principais compostos do óleo essencial da *Melissa officinalis* L.

Composto	Percentagem (%)	Origem	Referência bibliográfica
Neral	43,8	Irão	Moradkhani <i>et al.</i> , 2010
β-Cariofileno	13,5		
Timol	7,9		
Globulol	6,8		
Geraniol	4,0		
Geranial	27,0	Irão	Najafian, 2014
Citronelal	25,8		
Neral	18,9		
β-Cariofileno	6,6		
Citronelol	3,4		



Tabela 1.4 – (continuação)

Composto	Percentagem (%)	Origem	Referência bibliográfica
Geranial	33,60	Eslováquia	Hollá <i>et al.</i> , 1997
Neral	22,18		
Citronelal	11,30		
Óxido de cariofileno	8,35		
Acetato de geranil	5,89		
Geranial	41,0	Cuba	Pina <i>et al.</i> , 1999
Neral	29,9		
Óxido de cariofileno	5,3		
Acetato de geranil	4,4		
6-metil-5-hepten-2-ona	2,5		
Geranial	44,2	Argélia	Abdellatif <i>et al.</i> , 2014
Neral	30,2		
Citronelal	6,3		
Isomentol	2,4		
$\alpha$ -copaeno	1,8		

## 1.5. Loureiro

De nome científico *Laurus Nobilis* L. é uma árvore que pode atingir até 20 metros, tem um tronco ereto, liso e de cor castanho-esverdeada (Figura 1.5) (Cunha *et al.*, 2009). As folhas são lisas, aromáticas, levemente onduladas nas margens de cor verde-escuras e brilhantes com inserção de até 9 cm. As flores brancas ou amarelas são pequenas e encontram-se nas axilas das folhas, que florescem em abril. Os frutos são bagas ovóides com cerca de 10 a 15 mm de cor negra na altura da maturação. As partes úteis são as folhas frescas ou secas e óleo essencial (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009).



Figura 1.5 – Loureiro

Nativo da região mediterrânea e Ásia Menor é espontâneo ou subespontâneo em Portugal. Tem preferência por locais sombrios e frescos principalmente no centro e norte de Portugal, é também cultivado (Cunha *et al.*, 2009; Polese, 2009). Cresce em todo o tipo de solo, com

preferência pelos ligeiros (Polese, 2009). A propagação do loureiro pode ser efetuada por estacas, sementes ou mergulhia. A sementeira deve ser efetuada no outono, mas é mais frequente a sua propagação por estacas, que devem ter entre 8 a 10 cm e plantadas em agosto ou setembro, num local protegido do sol, vento e frio durante o período invernal (Polese, 2009).

O seu óleo essencial é constituído essencialmente por 1,8-cineol (30 a 60 por cento), acetato de terpenilo (10 por cento), sabineno, metil-eugenol, pinenos, 4-terpineol, linalol, p-cimeno (ver Tabela 1.5). Está descrito o seu uso em fitoterapia, nomeadamente as folhas são utilizadas nas dispepsias hipossecretoras, falta de apetite e espasmos gastrointestinais. As folhas secas são utilizadas como condimentos e aromatizantes na culinária e o óleo essencial é utilizado na indústria alimentar na preparação de molhos e como aromatizante (Cunha *et al.*, 2009).

Tabela 1.5 – Cinco principais compostos do óleo essencial de *Laurus Nobilis* L.

Composto	Percentagem (%)	Origem	Referência bibliográfica
1,8-cineol	27,2	Portugal	Ramos <i>et al.</i> , 2012
Acetato de terpenilo	10,2		
Linalol	8,4		
Metil-eugenol	5,4		
Sabineno	4,0		
1,8-cineol	33,4	Montenegro	Ivanovic <i>et al.</i> , 2010
Linalol	16,0		
Acetato de terpenilo	13,8		
Sabineno	6,9		
Metil-eugenol	5,3		
1,8-cineol	57,1 – 61,0	Irão	Kandi e Sefidkon, 2011
Acetato de terpenilo	8,6 – 10,4		
Sabineno	7,5 – 8,3		
$\beta$ -pineno	4,1 – 4,6		
$\alpha$ -pineno	4,0 – 4,8		
1,8-cineol	46,5	Itália	Baratta <i>et al.</i> , 1998
Acetato de terpenilo	11,8		
Sabineno	7,3		
$\alpha$ -pineno	5,7		
$\beta$ -pineno	4,3		
1,8-cineol	50,60	Grécia	Hassiotis, 2010
Sabineno	7,80		
$\alpha$ -pineno	5,96		
Eugenol	5,60		
Acetato de terpenilo	5,25		





## 2. Secagem das plantas aromáticas

A secagem é um método clássico de preservação de alimentos, que consiste na remoção de humidade devido à transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem (Belessiotis e Delyannis, 2011; El-Sebaei e Shalaby, 2012).

Numa primeira fase o produto tem um teor de humidade igual no seu interior e na sua superfície. A água na sua superfície, está sobre a forma de água livre, e à medida que esta água vai evaporando e a superfície do produto secou, a humidade tem de emigrar do interior do produto para a sua superfície, onde pode ser de novo evaporada para o ar circundante, esta é a segunda fase, que depende das especificidades dos produtos alimentares e a energia necessária nesta fase é mais importante que a utilizada na primeira fase. Em todo o processo a influência da temperatura é crítica e uma vez que geralmente há uma temperatura máxima que varia com o tipo de alimento e que é de 15 a 20°C maior que a temperatura ambiente (Murthy, 2009).

A secagem diminui a velocidade de deterioração do material, devido à redução no teor de água, que consequentemente reduz a ação das enzimas, bactérias, leveduras e bolores, o que possibilita a conservação das plantas por um maior período de tempo (Belessiotis e Delyannis, 2011; VijayaVenkataRaman *et al.*, 2012). É o método de conservação mais comum nas plantas aromáticas, uma vez que permite a rápida preservação das plantas logo após a sua colheita, mantendo as suas principais qualidades de uma forma simples. Devido ao elevado custo no investimento e energia requeridos no processo de secagem das plantas aromáticas, esta etapa da produção representa o maior custo de todo o processo, podendo inflacionar as despesas de produção das mesmas, o que representa uma margem de lucro menor para o produto (Müller e Heindl, 2006; El-Sebaei e Shalaby, 2012). Para além da sua conservação, a secagem é também importante na medida em que permite uma redução de volume e peso relativamente às plantas secas pelo que facilita o seu armazenamento e transporte (Fudholi *et al.*, 2010; Muñoz, 1987).

Os constituintes voláteis que se encontram nas plantas medicinais são sensíveis ao processo de secagem, logo é fundamental saber os efeitos dos diferentes métodos de secagem, a temperatura à qual se devem efetuar e características fisiológicas das plantas que foram alvo de secagem (Venskutonis, 1997). A secagem pode provocar alterações físico-químicas negativas, o que tem efeito na qualidade da matéria-prima para comercialização, exemplo disso é a alteração na aparência, principalmente na coloração, no cheiro e diminuição de compostos voláteis (Baritoux *et al.*, 1992).

A secagem pode ser efetuada de forma natural ou através de secadores de ar quente em forma de armário ou fita transportadora.

## **2.1. Secagem natural**

A secagem natural pelo sol é utilizada desde os primórdios da humanidade como forma de conservação de colheitas agrícolas e alimentos. Porém esta quando é efetuada diretamente tem inúmeras desvantagens, há perda de produção devido à deterioração pela imprevisibilidade do tempo, chuva, vento, humidade e poeira; podem ocorrer ataques de insetos e fungos, ataques de animais ou pássaros; por ser um processo lento pode ocorrer assim como a deterioração de material. Requer uma grande área para espalhar o produto, é trabalhosa e demorada (Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009; VijayaVenkataRaman *et al.*, 2012). Por ser um processo que revela inúmeras desvantagens e que coloca em causa a qualidade final do produto, é possível efetuar a secagem por métodos artificiais com utilização ou não de energia fóssil ou elétrica, que mantêm a qualidade do produto através da velocidade do processo, mas que aumentam os custos do produto final (El-Sebaei e Shalaby, 2012; VijayaVenkataRaman *et al.*, 2012). Esta consiste em colocar o material diretamente ao sol, em que se espera que através da radiação solar, temperatura ambiente, velocidade do vento e humidade relativa seque o material (Belessiotis e Delyannis, 2011; Ekechukwu e Norton, 1999; El-Sebaei e Shalaby, 2012).

Na secagem de forma natural pode utilizar-se um secador solar com sombra, para que as folhas das plantas não sofram de descoloração devido à fotodecomposição da clorofila, que degrada os componentes químicos ocorrendo assim alterações de odor, cor e sabor, mantendo assim a sua qualidade e ainda com sistema de circulação de ar através de ventoinhas. As plantas devem ser dispostas em tabuleiros perfurados para facilitar a circulação do ar entre eles. Pode ainda utilizar-se em climas com humidades relativas baixas, sistemas de túneis forrados com plástico polietileno preto em que o ar circula naturalmente e as plantas acabam por ficar secas de forma natural (Ekechukwu e Norton, 1999; Muñoz, 1987).

## **2.2. Secagem por ar quente**

Os secadores de ar quente em forma de armário têm geralmente uma fonte de calor na parte inferior do mesmo e o ar percorre os tabuleiros onde estão dispostas as plantas que serão secas, este método é o mais rápido e mais eficaz para explorações que tenham grandes quantidades de plantas. Este secador deverá ter também uma entrada de ar fresco e uma saída para permitir o controlo da humidade no seu interior, assim como a temperatura. O ventilador poderá ser alimentado a energia elétrica, energia solar através de um painel fotovoltaico, ou com vapor proveniente da queima da biomassa existente nas explorações. Nas visitas a explorações que visitem este tipo de secadores é o mais comum, no entanto, a maioria dos produtores nacionais tem para secagem equipamentos artesanais, ou seja, apesar de o tipo de secador ser idêntico, são na sua maioria diferentes, quer na fonte de calor (recolector solar através de chapas metálicas, em vidro, ou estruturas em vidro ou chapas de aquecem o ar e que posteriormente vão aquecer o ar no interior do armário de secar as

plantas, onde os ventiladores têm diversos tipos de fluxo de ar que são geralmente controlados eletronicamente ou não consoante a temperatura no interior do secador (Muñoz, 1987).

Os secadores de ar quente do tipo fita transportadora também podem ser utilizados para secar as plantas, mas deverão ser apenas utilizados por explorações que tenham quantidades industriais de plantas para tratar, pois os custos são superiores que os dois tipos de secadores anteriores. Este tipo de secadores tem normalmente 2 extremidades, uma em que se encontra a fonte de calor e que poderá no caso de explorações com extração de óleos essenciais ser alimentada por biomassa resultante da extração e na outra extremidade com saída de ar húmido. As plantas neste caso são colocadas em tabuleiros perfurados na extremidade oposta à fonte de calor e os tabuleiros são transportados horizontalmente até à extremidade oposta. O controlo da humidade final das plantas nas explorações geralmente não é controlado por nenhum tipo de técnica laboratorial. Os produtores dão por terminada a secagem das plantas quando as suas folhas e caules estão quebradiços ao toque (Muñoz, 1987).

As temperaturas a que se devem efetuar as secagens das plantas aromáticas devem ter em conta o tipo de material que se está a secar, as folhas, as flores e a espécie de planta também. As plantas aromáticas consoante a sua composição e finalidade deveram ter diferentes tipos de temperaturas de secagem, as temperaturas às quais se deverá efetuar a secagem variam entre o 30º e os 60ºC, onde temperaturas próximas de 60ºC permitem uma poupança de tempo no processo de secagem e consequentemente uma redução de custos, visto a diferença de tempo para por exemplo a *Salvia officinalis* é de 120h a 30ºC para 2h a 60ºC. Apesar disto à que ter em conta a finalidade do produto, aí é necessário mais estudos e por exemplo para a qualidade de óleo essencial da *S. officinalis*, é necessário uma temperatura máxima de 50ºC, visto que acima desta temperatura vão existir perdas de óleo essencial das folhas da planta e perda de qualidade final do produto (Müller e Heindl, 2006).

### **2.3. Secadores solares**

Como já foi referido os secadores solares, por uma questão de custos são amplamente utilizados pelos produtores portugueses, seguidamente vão ser enunciados alguns tipos de secadores solares e referir sumariamente o seu funcionamento.

Primariamente os secadores podem ser classificados de acordo com a sua temperatura de funcionamento em 2 grandes grupos, elevada temperatura ou temperatura baixa. Ou mais comumente de acordo com o tipo de combustível que utilizam, combustível fóssil (secadores convencionais) e que se encontram sempre associados às altas temperatura. Os secadores a energia solar, são geralmente associados a baixas temperaturas. Nas classificações encontradas nos estudos a sua classificação baseia-se nos seguintes critérios: modo do movimento do ar, tipo de exposição solar, direção do fluxo de ar, disposição do secador e contribuição da energia solar (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010).

São um dispositivo útil, no ponto de vista de poupança de custos na produção, pois é esta a etapa do processo de produção em que se despende a maior parte, e permite de uma forma geral um produto de qualidade, porque é eficaz, poupa tempo e combustíveis fósseis (VijayaVenkataRaman *et al.*,2012).

Os secadores solares são classificados em passivos, onde o ar circula naturalmente, ativos com convecção forçada e híbridos. São ainda classificados pelo tipo de disposição do secador e pela forma de exposição solar, classificando-se em sistema direto, indireto, ou misto (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009). Na figura 2.1 está representada uma possível classificação de secadores solares.

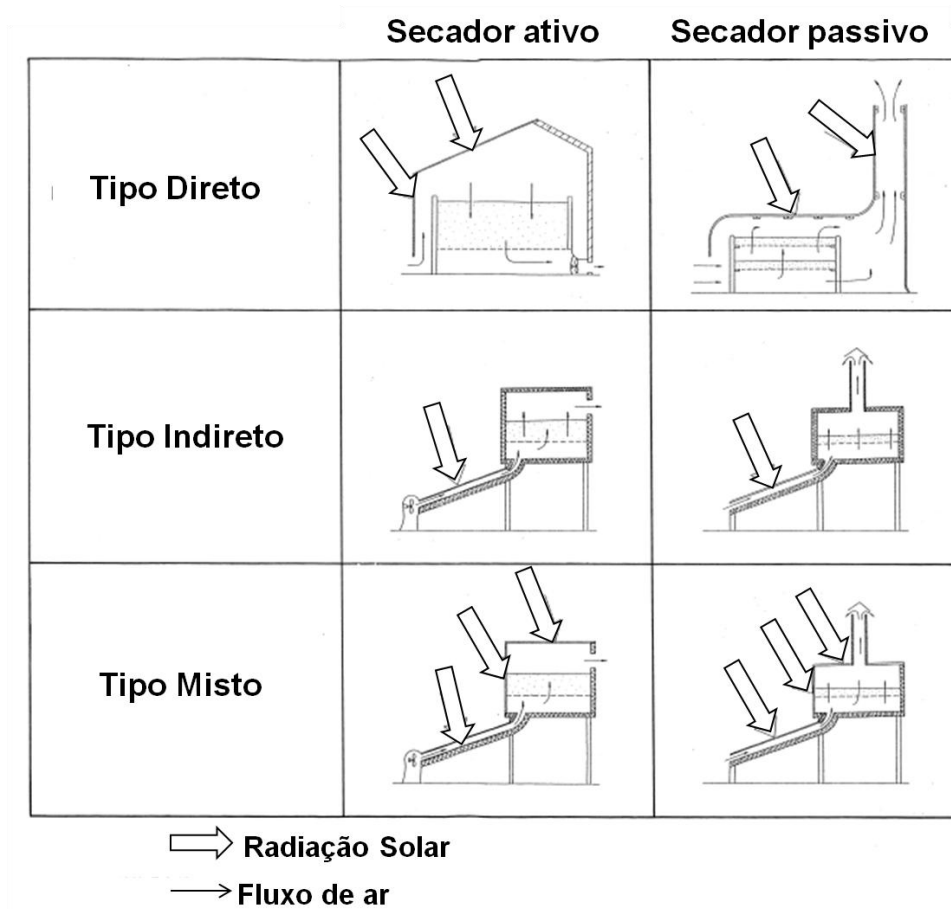


Figura 2.1 – Representação de secadores solares de acordo com a sua classificação (adaptado de Ekechukwu e Norton, 1999)

### 2.3.1. Secadores solares de convecção natural (passivos)

#### 2.3.1.1. Exposição direta tipo armário

O secador solar mais simples é uma pequena caixa de madeira com cerca de 2x1m (comprimento e largura). É um secador portátil, com os lados e o fundo de madeira ou chapa e com uma placa de polietileno transparente e os orifícios de circulação de ar estão localizados na parte lateral do secador, estes podem ser forrados no seu interior com superfícies

escurecidas de modo a absorver mais radiação solar e aumentar a temperatura na câmara de secagem, poderá ainda, de forma prevenir o branqueamento, ter uma tampa de polietileno preta, os orifícios de circulação de ar também poderão estar dispostos não nas zonas laterais, mas sim na zona frontal e posterior do secador. Este tipo de secadores não melhora significativamente a secagem, pois o fluxo de ar é muito lento (Ekechukwu e Norton, 1999; El-Sebaei e Shalaby, 2012; Fudholi *et al.*, 2010).

Este tipo de secadores também podem ser de armário (Figura 2.2), têm um vidro no topo ou oblíquos a cobrir toda a estrutura, e a circulação do ar é efetuada entre orifícios nas partes laterais do secador, este tipo de secadores pode atingir temperaturas de até 85°C quando se encontram sem qualquer tipo de carga e que geralmente é possível atingir temperaturas de até mais 30°C que a temperatura ambiente, estes podem apresentar diversos formatos e formas (Fudholi *et al.*, 2010).

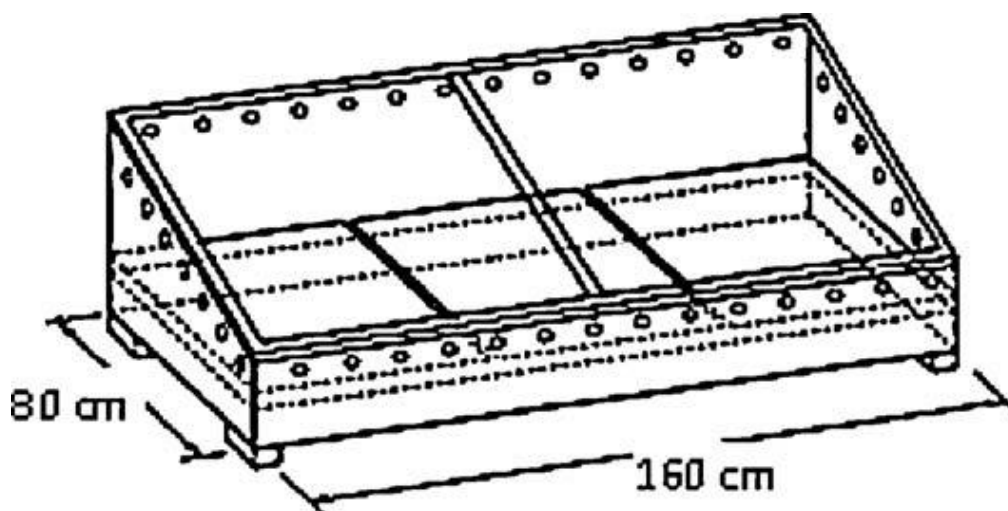


Figura 2.2 – Exemplo de secador solar de exposição direta tipo armário (Fudholi *et al.*, 2010)

As principais desvantagens deste tipo de secadores passivos e diretos são a sua fraca capacidade para efetuar secagem de grandes culturas, pelo que não é útil para fins comerciais, o tempo de secagem é mais elevado que outro tipo de secadores solares, devido à condensação o coeficiente de transmissão de calor do vidro é reduzida, pode ocorrer sobreaquecimento dos produtos a secar devido à exposição solar direta ao sol, baixando a qualidade do produto, tem uma baixa eficiência de utilização porque parte da energia solar é utilizada para induzir o fluxo de ar (El-Sebaei e Shalaby, 2012; Fudholi *et al.*, 2010).

Dentro dos secadores solares passivos e diretos ainda poderá existir secadores que tenham diferentes tipos de construção com mais ou menos complexidade, de uma forma geral o seu funcionamento é através da insolação extraindo a humidade do produto e, concomitantemente diminui a relação do ar residente, aumentando a sua capacidade de secagem, além disso expande o ar da câmara, gerando a circulação do ar e removendo a humidade (Ekechukwu e Norton, 1999; El-Sebaei e Shalaby, 2012; Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009). Este tipo de

secadores são importantes para secagem de produtos que necessite de ser exposto à radiação solar como, por exemplo, o café arábica ou uva, tanto para ganho de sabor como de decomposição de clorofila residual, com a vantagem dos produtos estarem protegidos contra insetos, intempéries, poeiras e animais. Para que o fluxo de ar seja efetuado a uma velocidade maior este tipo de equipamento pode ser equipado com uma chaminé ou entradas de ar maiores, que induzem um maior fluxo de ar (Ekechukwu e Norton, 1999).

#### **2.3.1.2. Exposição direta tipo estufa**

Também podem ser considerados secadores do tipo tenda, que são geralmente estufas modificadas (EkechuKwu e Norton, 1999). Genericamente o secador tipo estufa consiste num telhado e paredes de vidro para efeito estufa, estão equipados com aberturas dimensionadas à sua proporção, orientadas para facilitar o fluxo de ar e com proteção com uma rede de arame na entrada e saída de ar. Estes podem ainda estar equipados durante a noite com painéis isolantes durante a noite para reduzir as perdas de calor (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010). Este tipo de equipamentos permite um maior controlo no processo de secagem e é mais apropriado para secagem em larga escala (Ekechukwu e Norton, 1999).

A primeira unidade reportada deste tipo de secadores tinha, segundo as revisões encontradas, um telhado inclinado de vidro com uma cumeeira de zinco que serve de respirador, por onde o ar sai, uma unidade de secagem, que consistia de duas fileiras paralelas de plataformas com uma base de malha de ferro galvanizado sobre vigas de madeira. O secador estava alinhado longitudinalmente com o eixo norte-sul, as paredes internas tinham um revestimento a preto para melhor absorção da radiação solar. Nas paredes laterais existiam persianas para regular o fluxo de ar (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010).

Os secadores tipo estufa são uma forma mais sofisticada dos secadores de túnel ou tipo tenda (Fudholi *et al.*, 2010). Os secadores tipo túnel têm uma estrutura que é revestida por uma película de plástico polietileno semi-transparente com uma orientação este-oeste para facilitar a incidência da radiação solar, têm um baixo custo, este tipo de secadores podem ser com estrutura triangular, em forma parabólica, com ou sem proteção nas entradas e saídas de ar e podem ser completamente revestidas nas paredes ou com entradas de fluxos de ar laterais, com diferentes medidas de comprimento e largura (Figura 2.3). A incorporação de chaminés nestes equipamentos favorece a circulação de ar (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010).

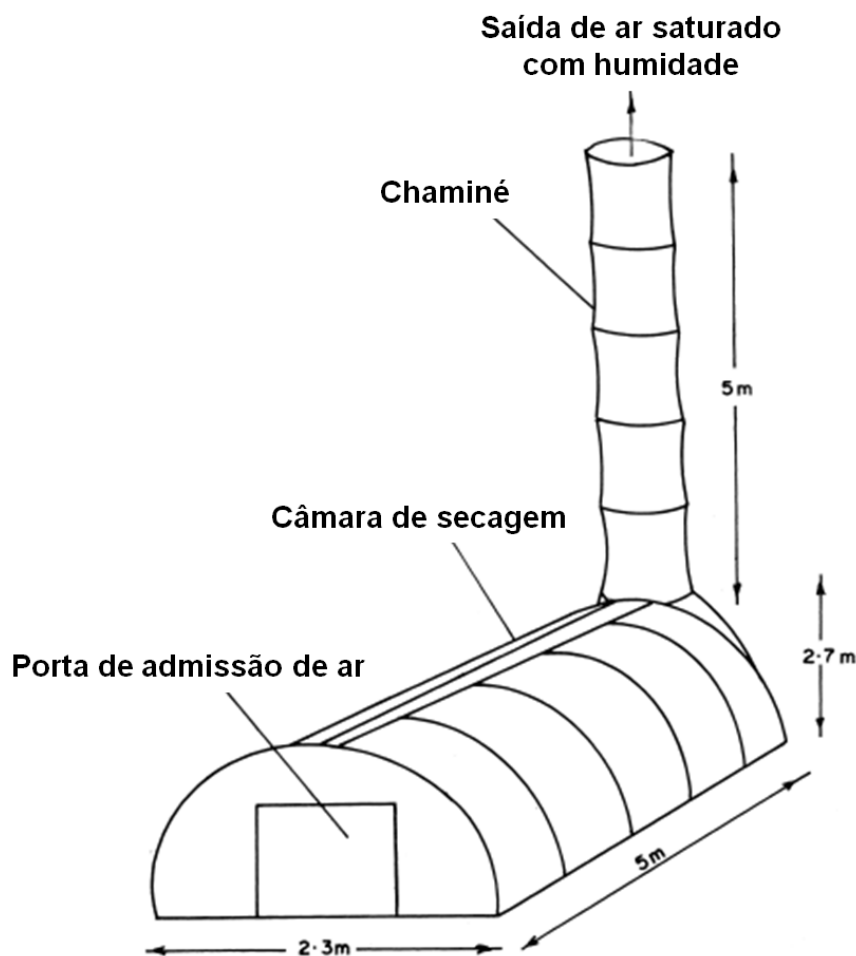


Figura 2.3 – Exemplo de um secador solar passivo do tipo estufa e exposição solar direta (adaptado de Ekechukwu e Norton, 1999)

### 2.3.1.3. Secadores solares mistos

Neste tipo de secadores o material é submetido à secagem de duas formas, a absorção direta da radiação solar e o ar pré-aquecido de um coletor (El-Sebaei e Shalaby, 2012). Este tipo de equipamentos de uma forma geral têm a mesma estrutura do que seria um secador solar de exposição indireta, estão equipados com um coletor de radiação solar, uma câmara de secagem em forma de armário e uma chaminé, revestida com material transparente para aproveitar a radiação solar de forma direta (Ekechukwu e Norton, 1999).

Há diversos tipos de secadores mistos, que vulgarmente servem para a secagem de arroz, e que têm diversos tipos de construções mais ou menos elaboradas. Um secador deste tipo poderá ter assim, um coletor de radiação solar para pré-aquecer o ar, coberto por um material transparente ou absorvente de calor, com ou sem um compósito de absorção de calor no interior, e normalmente com material isolante na parte inferior. Podem estar equipados com uma conduta de ar isolada termicamente, para que o fluxo de ar se mova para o interior da câmara de secagem, que será, ou não, completamente revestida com material transparente. Nos casos em que a câmara de secagem não é completamente revestida, deverá ter material

de isolamento térmico para minimizar as perdas de calor. Dependendo da altura da câmara de secagem o material será colocado num tabuleiro ou em vários, que deverão ter orifícios para passagem do fluxo de ar quente (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010). Frequentemente têm chaminés, ou uma saída de ar simples. As chaminés poderão ter ainda ventiladores estáticos, que facilitam os fluxos de ar, diminuindo assim o tempo de secagem (Ekechukwu e Norton, 1999).

#### 2.3.1.4. Exposição indireta

Para a exposição indireta nas revisões verificadas foi possível verificar dois tipos de secadores, um em forma de “concha” e outro em forma de armário com coletor de radiação solar. O secador em forma de “concha”, é constituído por um cone superior, uma câmara de desidratação cilíndrica e uma parte inferior em forma de cone (Figura 2.4). O fluxo de ar é efetuado pelos orifícios da parte inferior do secador e a câmara de desidratação pode ter até dois tabuleiros para o produto a desidratar. Neste secador há uma grande perda de calor para o ambiente, sendo que a única vantagem existente neste secador é a secagem ser efetuada à sombra (Fudholi *et al.*, 2010).

O secador tipo armário com coletor consistia num coletor de calor com uma tampa transparente e uma placa absorvente preta, uma câmara de desidratação opaca e uma chaminé (Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009).

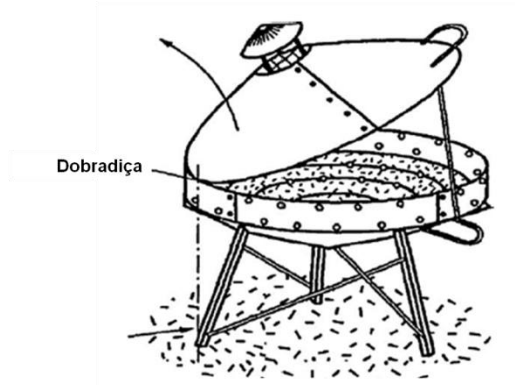


Figura 2.4 – Exemplo de um secador em forma de concha (adaptado de Fudholi *et al.*, 2010)

### 2.3.2. Secadores solares de convecção forçada (ativos)

#### 2.3.2.1. Exposição direta

Os secadores deste tipo consistem num ventilador que força o fluxo de ar pelo produto que deverá estar sobre tabuleiros com um fundo em malha metálica para que se permita a passagem do fluxo e retire a humidade. Em princípio terão a forma de estufas com revestimento transparente e que têm uma ventoinha (Figura 2.5), estando esta instalada na entrada/ entradas do ar ou não (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010). A convecção forçada neste tipo de secadores só se efetua para produtores que tenham uma grande escala



comercial, uma vez que a radiação solar direta já aquece por si só o produto a secar, usualmente nestes casos pode existir um sistema auxiliar de aquecimento (Ekechukwu e Norton, 1999).



Figura 2.5 – Exemplo de um secador tipo túnel com ventoinha de exposição solar direta, o pavimento está forrado com cor escura para reter mais calor (Belessiotis e Delyannis, 2011)

#### **2.3.2.2. Exposição indireta**

Os secadores solares ativos podem depender apenas parcialmente da energia solar, podem ser constituídos por equipamentos que utilizam a eletricidade, combustíveis fósseis para efetuar a circulação de ar e/ou aquecimento do ar (Ekechukwu e Norton, 1999). Servem para operações de secagem de grande escala e consistem de uma forma simples de um aquecedor de ar, uma câmara de secagem e uma bomba/ventilador para produzir fluxo de ar, canalizando o ar quente até à câmara de secagem (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010).

Secadores de exposição indireta com convecção forçada permitem um maior controlo, qualidade e rapidez no processo de secagem, pois conseguem em períodos com baixa insolação ou durante a noite utilizar sistemas de retenção de calor ou ventiladores de aquecimento que permitem a continuidade do processo, neste último caso os secadores solares são considerados híbridos (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009). Fudholi e colaboradores (2010) no seu estudo de revisão apresenta um possível modelo que funciona apenas a energia solar, o secador tinha um coletor de energia solar no telhado, uma câmara de secagem e entre estes dois equipamentos encontrava-se um ventilador que induzia um fluxo de ar quente para o interior da câmara de secagem (Figura 2.6).

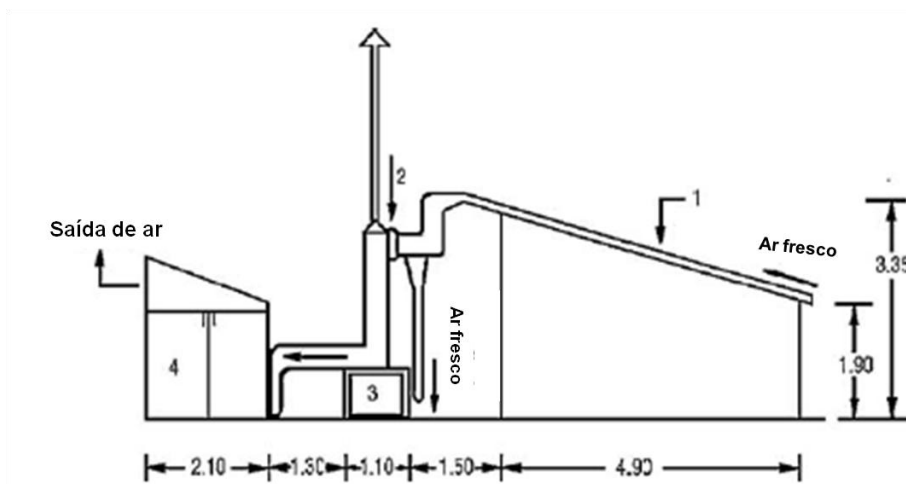


Figura 2.6 – Secador solar ativo com coletor de energia solar. (1. Coletor solar; 2. Ventoinha; 3. Fogão; 4. Câmara de desidratação) (adaptado de Fudholi *et al.*, 2010)

Ainda dentro dos secadores de exposição indireta, existem alguns com construção e forma de funcionamento mais elaboradas, constatou-se que podem ser construídos com sucesso armários de secagem de convecção forçada e dessecante incorporado. O sistema tem um prato coletor de radiação solar, uma câmara de secagem, leito dessecante e um ventilador. O leito dessecante tem 60% de bentonite, 10% de Cloreto de cálcio, 20% de vermiculite e 10% de cimento. Foi testado em ervilhas com diferentes fluxos de ar e incluíram também um espelho refletor para ajudar na regeneração do material dessecante. O espelho refletor melhorou em 20% o potencial de secagem do dessecante e diminuiu o tempo de secagem em cerca de dois dias quando secaram ervilhas (Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009; VijayaVenkataRaman *et al.*, 2012).

### 2.3.3. Secadores híbridos

#### 2.3.3.1. Com suporte de armazenamento térmico

A energia solar é intermitente, e sendo a principal fonte de energia dos secadores solares, logo há risco de se tornar um problema, que pode ser superado pelo armazenamento de energia durante o dia, para que seja utilizado tanto à noite, como durante o tempo em que o sol está indisponível. Existem diversos materiais que podem armazenar energia solar, podem ser líquidos bem isolados ou sólidos com uma variação de energia interna do material com o calor sensível, calor latente, quimicamente ou através de uma combinação destes.

No calor sensível é possível armazenar pelo aumento da temperatura do material, utilizando posteriormente essa mudança de temperatura para secagem do produto, a quantidade de calor armazenado depende sempre do seu calor específico e da quantidade de material presente, em geral a água é um dos melhores materiais disponíveis, porque é barato e tem um bom calor específico, mas também são utilizados sais fundidos, óleos e metais líquidos são utilizados para temperaturas acima de 100°C. Geralmente são utilizadas rochas para equipamentos de

aquecimento de ar (Bal *et al.*, 2011; Hasnain, 1998). Na armazenagem por calor latente, a absorção de calor é efetuada pela mudança de fase de uma material a uma temperatura mais ou menos constante. Em sistemas de armazenamento de calor químicos, a energia é libertada ou absorvida por reações químicas reversíveis, neste caso a quantidade de calor armazenada depende da quantidade de material, do calor endotérmico da reação e da extensão da reação (Bal *et al.*, 2011; Hasnain, 1998).

Entre os suportes de armazenamento de calor, a energia acumulada pelo calor latente é a mais atrativa, por fornecer uma capacidade de armazenamento de energia por unidade de massa e volume superior, tem uma capacidade de fundir e solidificar praticamente constante e necessita em média de menor volume para a mesma quantidade de energia (Bal *et al.*, 2011; Hasnain, 1998).

De uma forma geral este tipo de secadores é em forma de armário, com um coletor de calor, uma câmara de secagem com um número variável de tabuleiros, tem chaminé e um ventilador, a principal diferença é o acoplamento de uma unidade de armazenamento de calor com o material que pode ser mais ou menos diverso consoante a complexidade do sistema, de entre os estudos de revisão verificados, o mais comumente utilizado é a água, rocha, areia, podem ainda ser utilizados metais, água salgada, tijolos entre outros (Bal *et al.*, 2011; Ekechukwu e Norton, 1999; El-Sebaei e Shalaby, 2012; Fudholi *et al.*, 2010; Hasnain, 1998; Sharma *et al.*, 2009). Relativamente ao calor latente exemplos de materiais que podem ser utilizados a cera de parafina por exemplo, no entanto a utilização de calor latente na armazenagem tem pouca informação disponível, apesar de existirem estudos com cera de parafina nos suportes de armazenagem de energia com resultados interessantes para a secagem contínua de produtos agrícolas (Bal *et al.*, 2011; Hasnain, 1998).

#### **2.3.3.2. Com unidade de aquecimento auxiliar**

Este tipo de secadores serve essencialmente para unidade de produção com grande capacidade de produção, visto terem um custo maior, apesar disso servem como boa alternativa aos secadores convencionais que utilizam apenas um tipo de combustível ou forma de funcionamento. Estes secadores podem ser equipados com sistemas de aquecimento elétrico, de biomassa, gás de petróleo liquefeito (GPL) e *diesel* (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010).

Este tipo de secadores têm a vantagem de poder através de dispositivos eletrónicos o controlo da temperatura do ar de secagem, como exemplo, existem alguns que contêm unidades de aquecimento auxiliar elétricos que ao detetarem a temperatura de 50°C deixam de funcionar, e voltam a trabalhar quando a câmara de secagem está abaixo dessa temperatura. Existem também secadores onde o coletor de energia solar é o telhado que serve de coletor de calor e é auxiliado por um ventilador elétrico que para além de elevar a temperatura ajuda no fluxo de ar até à câmara de secagem. No entanto, para produções médias a pequenas, uma boa

solução são os auxiliares de biomassa, que são capazes de produzir temperaturas próximas de 60°C de forma contínua (Fudholi *et al.*, 2010).

Em relação ao auxiliar a GPL, o foi construído um protótipo que funcionava com um auxiliar térmico a GPL, duas ventoinhas de convecção forçada, a energia solar aquecia diretamente o espaço e tinha ainda uma unidade com rocha para acumular calor. Verificou-se uma poupança de vinte e oito por cento de combustível que era utilizado diretamente como auxiliar de secagem de tabaco (Fudholi *et al.*, 2010).

### **2.3.3.3. Com painéis solares fotovoltaicos**

A aplicação de energia solar pode ser classificada de duas formas, a primeira é energia térmica, onde energia solar é convertida em energia térmica, a segunda é a energia fotovoltaica, onde a energia solar é convertida em energia elétrica, em ambos, o componente principal é a energia solar. Os dois sistemas precisam de coletores distintos, o térmico pode ser conseguido por coletores planos e o elétrico por painéis fotovoltaicos (Bennamoun, 2013; Fudholi *et al.*, 2010).

De uma forma geral, os dois sistemas são utilizados de forma separada, mas foi demonstrado que podem ser utilizados em conjunto em secadores solares híbridos com painéis fotovoltaicos (Figura 2.7). O sistema pode gerar energia térmica e elétrica simultaneamente, através do painel fotovoltaico, ou pode gerar energia térmica e elétrica a partir de um coletor plano e outro fotovoltaico, podendo a exigência elétrica assim ser eliminada (Bennamoun, 2013; Fudholi *et al.*, 2010). Estão descritos exemplos de um secador solar com um coletor normal de captação de radiação solar para gerar energia térmica para aquecer o ar do sistema e tinha um painel fotovoltaico para fazer trabalhar a ventoinha que efetuava a convecção forçada do ar para a câmara de secagem. Este sistema tinha ainda um sistema de exaustão do ar no topo da chaminé, que funcionava com uma ventoinha elétrica também alimentada pelo painel fotovoltaico (Fudholi *et al.*, 2010).

Já num sistema em que o painel fotovoltaico serve para energia térmica e elétrica em simultâneo, o número de células no painel pode ser ajustado às exigências do secador, e/ ou reforçado com tecnologia de captação de radiação solar que concentra a energia solar recebida, para que não exista baixa eficiência neste tipo de secadores (Bennamoun, 2013; Fudholi *et al.*, 2010). Por outro lado a utilização de painéis fotovoltaicos pode apenas ser efetuada com o intuito de produzir apenas energia elétrica para uma ventoinha que pode simultaneamente gerar fluxo de ar e provocar o aquecimento do ar (Bennamoun, 2013; Fudholi *et al.*, 2010).

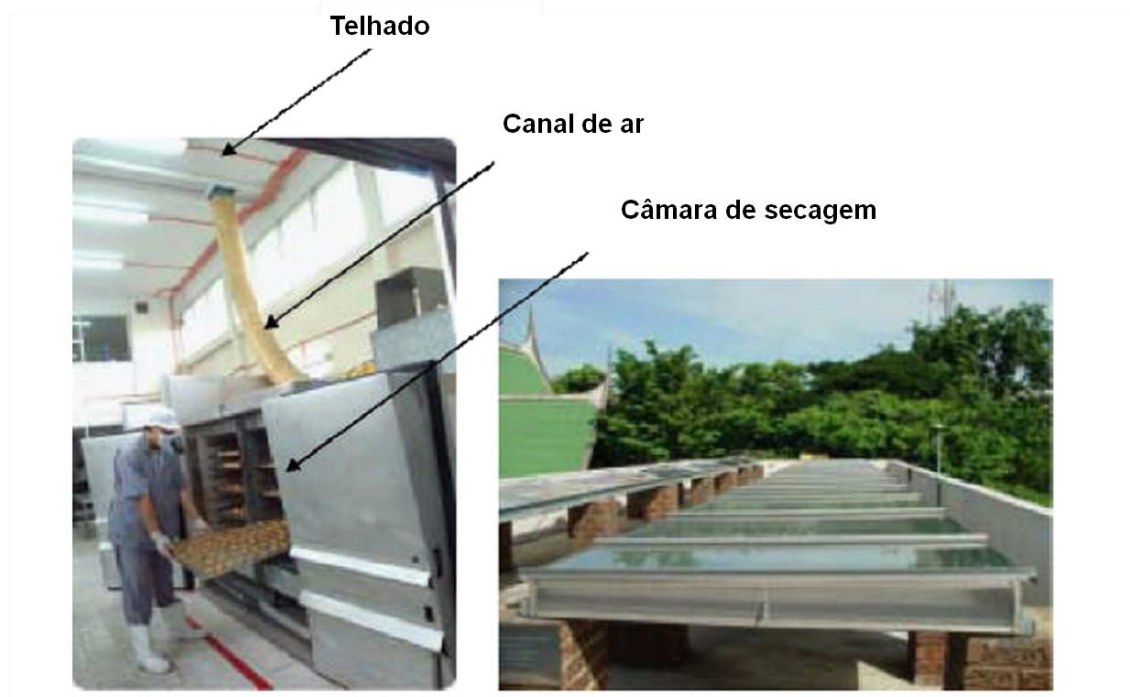
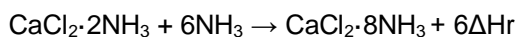


Figura 2.7 – Exemplo da utilização de painéis fotovoltaicos na secagem de produtos alimentares, à direita estão representados os painéis fotovoltaicos no telhado (adaptado de Sharma et al., 2009)

#### 2.3.3.4. Outros auxiliares

Podem ser utilizadas ainda bombas para aquecimento do ar, estas podem ser acopladas aos secadores solares, para aumentar a temperatura de secagem, sendo especialmente útil durante o período noturno, os coletores solares não recebem qualquer tipo radiação solar (Fudholi *et al.*, 2010; Hasnain, 1998).

As bombas de calor podem ainda ser químicas e aí tem quatro elementos essenciais, um coletor solar, um tanque de armazenamento, uma bomba de calor química e uma câmara de secagem. A bomba de calor química tem um reator, um condensador e um evaporador. O reator tem um sal que reage com o gás, a reação utiliza a seguinte equação:



O funcionamento da bomba de calor química funciona em duas fases, adsorção e dessorção. Na fase de adsorção é a fase de produção de frio e é seguida pela fase de regeneração, quando a decomposição ocorre. Durante a fase de produção, a transformação de amónia do estado líquido para gasoso, há produção de frio a baixa temperatura no evaporador. Ao mesmo tempo, a reação entre a amónia gasosa e o sólido liberta calor, podendo assim o ar ser aquecido (Fudholi *et al.*, 2010).

É possível também a criação de secadores solares com utilização de desumidificadores integrados em secadores para que se possa utilizar temperaturas mais baixas durante a secagem, isto é especialmente importante na secagem de ervas aromáticas e medicinais, uma

vez que a maior parte dos seus compostos são voláteis e a altas temperaturas podem ser prejudiciais na qualidade final do produto. Este tipo de secador que consiste num coletor solar, um tanque de armazenamento de energia, um aquecedor auxiliar, dois ventiladores, duas colunas de adsorção, dois permutadores de calor água-ar, duas bombas de circulação de água e uma câmara de secagem, permitiu efetuar uma secagem com qualidade, a baixa temperatura e humidade, de plantas medicinais, com uma grande contribuição de energia solar (Fudholi *et al.*, 2010; Yahya *et al.* 2008).

Nas revisões verificadas, a grande preocupação de todos os estudos foi a diminuição do tempo de secagem e a poupança de energia, muito devido ao custo que desidratar um produto pelo método convencional, neste sentido os secadores solares, desde os mais simples aos mais complexos, são bons exemplos do potencial crescente quer ao nível técnico quer ao nível da poupança de custos nas explorações agrícolas (Ekechukwu e Norton, 1999; Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009).

Nas plantas aromáticas, a secagem representa a grande parte dos custos totais da produção, pelo que a escolha de secadores solares aparece como uma boa alternativa aos secadores convencionais, estudos realizados demonstram que se consegue obter bons resultados com secadores solares (Balladin e Headley, 1999; Bennamoun e Belhamri, 2010; El-Sebaii e Shalaby, 2013; Fargali *et al.*, 2008; Fudholi *et al.*, 2010; Hassanain, 2010; Hassanain, 2011; Janjai *et al.*, 2008; Janjai e Tung, 2005; Nayak *et al.*, 2011; Mortezapour *et al.*, 2012; Yahya *et al.* 2008). Porém, os produtores devem ter em atenção os cuidados a observar na secagem das plantas, visto a qualidade das plantas poderá decrescer bastante se parâmetros como a cor, compostos voláteis, fungos entre outros não forem tidos em atenção (Fudholi *et al.*, 2010; Murthy, 2009; Sharma *et al.*, 2009).

Antes de instalar um secador solar os produtores agrícolas deverão ter-se em conta as características físicas de um secador, nomeadamente a capacidade de carga pois ele poderá ser grande demais e aí irá ser gasta energia desnecessariamente, a capacidade do coletor solar em relação à capacidade, uma vez que este poderá ser demasiado pequeno para a câmara de secagem e vice-versa, o fluxo de ar, uma vez que este pode ser insuficiente ou com demasiada capacidade para o secador que está a ser utilizado (Murthy, 2009).

O desempenho térmico, nomeadamente a temperatura e fluxo de ar, devem ser considerados nos estudos e na escolha do secador a utilizar, e se geralmente a temperatura varia de produto para produto e está tabelada para a generalidade dos alimentos, é usual que o fluxo de ar seja aceite como ótimo quando é de  $0,75\text{m}^3/\text{min}$  por  $\text{m}^2$ . A escolha do secador deverá também passar pelo tempo que demora a ser amortizado e qual a qualidade obtida no produto final (Murthy, 2009). Para superar todas as incertezas, pode-se efetuar simulações computadorizadas para perceber a relação custo benefício dos diversos secadores solares que podem ser utilizados na agricultura (El-Sebaii e Shalaby, 2012).

### 3. Óleos essenciais

A planta sintetiza uma grande variedade de compostos químicos. Estes podem ser classificados em metabolitos primários, que se encontram diretamente envolvidos no crescimento e desenvolvimento da planta, e metabolitos secundários, que não estão diretamente envolvidos no crescimento da planta, servem como repelentes para herbívoros, podem ser tóxicos contra microrganismos patogénicos (vírus, bactérias, fungos) para as plantas e podem estar envolvidos na defesa contra o *stress* abiótico, como por exemplo a exposição aos raios ultra violeta e privação de nutrientes, podendo também ser utilizados como comunicação ou ser alelopáticos com outras plantas (Kennedy e Wightman, 2011; Mazid *et al.*, 2011; Rao e Savithramma, 2012; Taiz e Zeiger, 2002). Os metabolitos secundários, através de fragâncias, podem promover relações simbióticas nas plantas atraindo polinizadores e outros simbiossiontes, como predadores naturais de agressores (Kennedy e Wightman, 2011).

Os compostos dos óleos essenciais pertencem a numerosas classes químicas, as propriedades que apresentam são diferentes entre eles, logo a aplicação de determinadas PAM pode ser feita com emprego direto da planta, através do seu óleo essencial ou de um só determinado constituinte do óleo essencial (Cunha *et al.*, 2009). Os metabolitos secundários que são essencialmente terpenóides, compostos fenólicos, alcalóides, aminoácidos raros, aminas vegetais e glicosídeos, destes os terpenóides são o grupo mais representativo nos óleos essenciais (Rohloff, 2004; Sell, 2010).

Os terpenóides são compostos por unidades de isopreno ( $C_5H_8$ ), podendo ser monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, sesterterpenos, triterpenos, tetraterpenos e politerpenos, consoante na sua composição tenham 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou mais de 8 unidades de isopreno respetivamente. Nos óleos essenciais das plantas geralmente só existem mono- e sesquiterpenos, e só em óleos essenciais genuínos os diterpenos. Enquanto os triterpenos e superiores, como carotenoides, estão presentes na fração não volátil como resinas e gomas, permanecendo no resíduo do óleo essencial (Rohloff, 2004; Sell, 2010; Taiz e Zeiger, 2002; Turek e Stintzing, 2013).

Os terpenóides são sintetizados pela via ácido mevalónico ou pela via metileritritol fosfato a partir de metabolitos primários. Destas vias resultam isopentenil pirofosfato (IPP), unidade estrutural básica de todos os terpenos, ou o seu isómero dimetialil pirofosfato (DMAPP), que reagem originando o geranyl pirofosfato (GPP), precursor dos monoterpenos ( $C_{10}$ ). O GPP por sua vez pode ligar-se a outra molécula de IPP para originar o farnesil pirofosfato (FPP), precursor dos sesquiterpenos ( $C_{15}$ ). Com a adição de mais uma molécula de IPP ao FPP há a formação de uma molécula precursora dos diterpenos ( $C_{20}$ ), o geranylgeranyl pirofosfato (GGPP). Por fim, a dimerização de FPP e do GGPP origina triterpenos ( $C_{30}$ ) e tetraterpenos ( $C_{40}$ ), respectivamente (Taiz e Zeiger 2002).

A produção de metabolitos secundários pelas plantas é resultado de diversos fatores relacionados com o tipo de ambiente e modo de cultivo da planta. Destes destacam-se a influência da temperatura, humidade relativa do ar, duração de exposição ao sol, os ventos a que está sujeita, hidratação do terreno, presença de macro e micronutrientes no solo, idade da planta, ataques de agentes patogénicos e estímulos mecânicos, havendo também uma grande influência genética na composição final de metabolitos secundários nas plantas (Boira e Blanquer, 1998; Gobbo-Neto e Lopes, 2007; Llorens *et al.*, 2014).

Geneva e colaboradores (2010) efetuaram um estudo com aplicação de adubo foliar (N:P:K=20:20:20 e microelementos) e / ou colonização micorrízica pelo fungo *Glomus intraradices* na *Salvia officinalis* L., avaliando o seu crescimento, a capacidade antioxidante e a composição de óleo essencial. Constataram que com a aplicação de um ou dos dois elementos aumenta a biomassa da parte aérea e da raiz, aumenta os níveis de ascorbato, reduz a glutatona e reduz a atividade do guaiacol peroxidase.

Os tratamentos aplicados diminuíram também a atividade de enzimas antioxidantes superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase e mudou a quantidade padrão do óleo essencial da salva. A adubação foliar aumentou o acetato de bornilo e a cânfora; a colonização aumenta o acetato de bornilo, 1,8-cineol,  $\alpha$  e  $\beta$ -tuiona; a aplicação dos dois tratamentos promove o aumento significativo de 1,8-cineol e  $\alpha$ -tuiona. Há efeito favorável da colonização por *Glomus intraradices* tanto na quantidade como na qualidade padrão do óleo essencial (Geneva *et al.*, 2010).

Nell e colaboradores (2009) levou a cabo um estudo análogo em que efetuou tratamentos com micorrizas arbusculares e/ou fósforo. Concluiu que a aplicação de fósforo aumentou a biomassa de folhas, os compostos fenólicos totais, a concentração de ácido rosmarínico e o rendimento de ácido rosmarínico nas folhas. Não se verificando o mesmo aquando da introdução das micorrizas, mesmo com o tratamento com fósforo. Estes dados são importantes uma vez que para além de aumentar a resistência da planta aos agentes patogénicos, o seu valor de mercado pelo aumento da ação antioxidante.

Sendo a salva uma planta aromática da região de mediterrânea, está sujeita a níveis de salinidade superiores por se encontrar por vezes em regiões costeiras, pelo que foram elaborados estudos sobre o comportamento da planta em condições de *stress* ao Cloreto de Sódio (NaCl). A planta com concentrações de elevadas de sódio reduz o crescimento da planta, reduz os ácidos gordos totais da planta e reduz a percentagem de ácidos gordos polinsaturados em relação aos monoinsaturados, porém aumenta a produção de óleos essenciais até doses de tratamento de 75 mM de NaCl, produzindo menos óleos essenciais para valores de concentração de 100 mM (Taarit *et al.*, 2010). Um estudo semelhante com tratamento da planta com 100mM de NaCl e com outros compostos iónicos, obteve resultados idênticos (Tounekti *et al.*, 2010).



O déficit de água também foi estudado na salva, Bettaieb e colaboradores (2009) submeteram plantas de salva a déficit de água moderado (50%) e severo (25%) em relação a um grupo de controlo. As plantas de salva apresentaram ao nível de óleo essencial a mesma composição, mas com aumento das percentagens de cada composto, contudo a biomassa da parte aérea da planta e o crescimento da planta foi afetado. Os ácidos gordos, constituintes das paredes celulares, também foram alterados, diminuindo a sua quantidade e as percentagens entre eles.

A região de cultivo da plantação da Salva também tem influência na composição do óleo essencial, um estudo conduzido na Tunísia verificou que de uma amostra de dez plantas de *S. officinalis* de diferentes genótipos, recolhidas de diversas regiões do norte da Tunísia, obteve resultados diferentes para a composição em óleos essenciais, compostos fenólicos e atividade antioxidante da Salva (Farhat *et al.*, 2009).

Em Itália um estudo comparou a composição química da salva quando cultivada em três diferentes macroclimas, em planície, numa montanha de média altitude e outra de alta altitude e concluiu que as condições climáticas influenciam o rendimento e a qualidade do óleo essencial da salva. Esta variação pode estar relacionada tanto com a proporção relativa de cada um dos componentes do óleo essencial, como na presença ou ausência de um composto em particular. As culturas foram realizadas em talhões de vinte metros quadrados com quatro repetições, cada um tinha cinco fileiras de plantas de salva com quatro metros de comprimento e cem centímetros de espaçamento entre linhas com seis plantas por m<sup>2</sup>. O solo era argiloso na alta montanha e argilo-arenoso em média altitude e planície. A composição do solo era em geral idêntica nas três zonas e após preparação do terreno com 30 cm de profundidade, foram aplicados 100Kg de P ha<sup>-1</sup>, 150 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 130 Kg de N ha<sup>-1</sup>. A secagem foi efetuada a 35°C durante 72h, após as plantas terem sido colhidas à mão (Russo *et al.*, 2013).

O mesmo acontece se forem comparados óleos essenciais de salvas à venda em farmácias europeias, em que os principais constituintes do óleo essencial tinham diferenças entre elas. O estudo foi realizado na Estónia e do óleo essencial proveniente da Escócia obteve-se o maior teor de cânfora (29,8%), borneol (11,8%) e acetato de bornilo (7,8%). A amostra da Grécia era rica em 1,8-cineol (45,3%) e monoterpenos, (23,0%),  $\alpha$ -pineno, canfeno,  $\beta$ -pineno e mirceno. A da Moldávia continha menos monoterpenos (0,7%) do que as outras amostras estudadas, mas era rica em  $\beta$ -cariofileno (7,5%), humuleno (7,5%) e viridiflorol (15,7%). As concentrações de três amostras representativas da salva proveniente da Estónia, cultivadas entre 2000-2002, foram semelhantes às amostras de França, Hungria, Bélgica, Rússia e Ucrânia. Enquanto a quarta amostra de 2003, tinha uma fração reduzida de monoterpenos, 2,8% enquanto os sesquiterpenos, 13,3% e sesquiterpenos oxigenados, 13,2%, tinham um teor superior às outras amostras da Estónia. As concentrações totais de tuionas (  $\alpha$  e  $\beta$ -tuiona), também variaram apresentando uma amostra da Estónia a percentagem total maior de 36,9% e a menor percentagem de tuionas totais foi verificada na amostra proveniente da Grécia com 4,5% (Raaij *et al.*, 2007).

A produção de óleos essenciais pelas plantas *Salvia officinalis* e *Thymus vulgaris*, está dependente da exposição solar a que as plantas estão sujeitas. Foram estudadas estas duas plantas com uma exposição solar de 15%, 27%, 45% e 100% de luz. A salvia tem uma produção de óleos essenciais superior quando está sujeita a 45% de luz, apresentando uma maior percentagem de tuionas e um decréscimo de acumulação de cânfora, quando a composição é comparada com as plantas que se desenvolveram noutros níveis de exposição solar. O tomilho apresentou uma percentagem maior de timol e mirceno quando cultivado em plena exposição solar. O estudo permitiu ainda concluir que o comprimento, a largura e densidade de pelos peltados da folha em ambas as plantas diminuíram com a diminuição da exposição solar (Li *et al.*, 1996).

El-Din e colaboradores (2009), estudaram o efeito da salinidade e de daminozida na composição de óleo essencial do *Thymus vulgaris*. O estudo foi realizado numa estufa e consistiu na aplicação de quatro diferentes doses com NaCl a 1500 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm e outra sem NaCl, duas diferentes doses de daminozida, com 100 ppm, 200ppm e sem daminozida nas plantas durante dois anos. A aplicação do NaCl na dose de 0,4500 ppm diminuiu significativamente a altura da planta, o número de ramos e a massa de planta seca e fresca. A aplicação de uma solução salina de 0,1500 ppm, aumenta a percentagem de óleos essenciais, este aumento de percentagem é atribuído à função dos metabolitos secundários como resposta a situações de *stress*, que neste caso acelerou a produção. Para além da aceleração da produção de óleos essenciais, o aumento da salinidade provocou alteração no tipo de óleos essenciais produzidos, os compostos oxigenados aumentaram com o aumento da concentração de NaCl na solução de tratamento, diminuindo por outro lado os compostos não oxigenados. Esta resposta pode dever-se ao *stress* efetuado sobre os sistemas enzimáticos que controlam a oxidação de hidrocarbonetos terpénicos.

A daminozida afeta todos os parâmetros de estudo com exceção da percentagem de plantas sobreviventes, que diminui com o aumento da salinidade. O regulador de crescimento a 200ppm aumentou a altura da planta, o número de ramos e a massa de planta fresca e seca para todas as soluções salinas. Este tratamento influenciou também a composição de óleo essencial, aumentando todos os compostos oxigenados, quando comparados com as plantas que não tiveram tratamento com daminozida (El-Din *et al.*, 2009).

No efeito conjunto, as plantas registaram uma altura superior, um maior número de ramos e uma massa fresca e seca superior no controlo do estudo. A altura é prejudicada logo no tratamento menos concentrado de NaCl, e o regulador de crescimento ajuda a aumentar a tolerância à salinidade, pelo que as plantas quando tratadas com daminozida apresentam uma altura superior em relação ao controlo (El-Din *et al.*, 2009).

As plantas tratadas com a solução salina de 4500 ppm de NaCl e 200ppm de daminozida, no primeiro ano, apresentaram uma maior percentagem de óleo essencial, sendo a menor

percentagem apresentada pelo tratamento de 100 ppm de daminozida sem adição de NaCl (El-Din *et al.*, 2009).

De uma forma geral a aplicação das soluções salinas aumentam a percentagem de timol na composição total de óleo essencial e o inverso acontece com o p-cimeno, uma vez que este se transforma em timol e carvacrol, e a taxa de transformação é afetada pelas condições ambientais. A aplicação da solução salina de 4500 ppm com daminozida a 100 ppm resultou numa maior percentagem de óleo essencial e uma percentagem de timol na composição total de óleo superior aos outros tratamentos (El-Din *et al.*, 2009).

O tipo de solo e o intervalo de irrigação em tomilho também foi estudado. O estudo decorreu no Egipto comparou a irrigação com intervalos de três, cinco, sete e dez dias, no solo arenoso, franco argiloso e solo calcário, concluindo que o tomilho obtém a melhor percentagem de timol em solo arenoso com um intervalo de irrigação de dez dias. Apresentando também uma maior transformação de p-cimeno em compostos fenólicos em condições de *stress* (Aziz *et al.*, 2008). O rendimento de óleo essencial também é afetado pela densidade das plantas e o intervalo de irrigação. Num estudo quando comparadas densidades de 6,6, 8 e 10 plantas/m<sup>2</sup> e períodos de irrigação de sete, catorze e vinte e um dias, conclui-se que o maior rendimento em óleos essenciais foi na plantação de menor densidade com intervalos de catorze dias, o que permite efetuar poupanças ou racionalização na utilização da água de rega, que é importante em regiões onde podem ocorrer períodos de seca (Khazaie *et al.*, 2008).

A composição de óleos essenciais no *Thymus vulgaris* varia consoante a altura do ano e a idade da planta. Em Itália decorreu um estudo em que se efetuou a colheita de tomilho em diferentes alturas do ano com plantas de, colhidas no início do ciclo vegetativo (maio/junho), durante o período vegetativo (junho/julho), antes do fim do período (julho/agosto), após o ciclo vegetativo ter terminado (novembro/dezembro), estas colheitas foram efetuadas nas plantas que tinham dois anos. Nas plantas de cinco anos apenas foram efetuadas apenas as duas primeiras colheitas. Os resultados demonstraram diferenças nas composições de óleos essenciais, entre as idades das plantas e entre a altura do ano em que se efetuaram as colheitas (Hudaib *et al.*, 2002)

As plantas mais jovens tinham uma percentagem de óleo essencial superior quando comparadas com as plantas mais antigas e no final do período vegetativo apresentaram uma percentagem máxima com 1,2% de óleos essenciais. Os fenóis totais são inferiores após o ciclo vegetativo e têm uma percentagem máxima durante o período vegetativo, ocorrendo o contrário com os monoterpenos. De uma forma geral os compostos secundários, que geralmente se encontram em baixas quantidades no óleo essencial do tomilho, estão em percentagens superiores em dezembro, o que revela uma decisão importante a escolha da altura da colheita do *Thymus vulgaris* (Hudaib *et al.*, 2002). Resultados semelhantes foram obtidos num estudo realizado no Irão, em que a percentagem de timol decresceu nas folhas do tomilho perto do final do ciclo vegetativo (Nezhadali *et al.*, 2014).

Estudos relativos ao espaçamento e alteração da composição de óleos essenciais indicam que há uma melhoria no rendimento em óleos essenciais, quando a planta é plantada com 15 cm de espaçamento na linha, 50 cm entre linhas e colhida no início da floração apresenta, de uma forma geral, sem que tenha sido em conta diferenças de clima, solo ou fertilização, um maior rendimento de óleo essencial, uma maior quantidade de timol e planta seca, quando comparado com compassos de 30 e 45 cm na linha (Badi *et al.*, 2004).

Na Turquia, os efeitos do método de propagação, densidade de plantas e idade foram estudados na *Melissa officinalis*. O estudo foi realizado com três tipos de densidades de plantas (40x20; 40x30 e 50x30 cm), com o método de propagação por estaca caulinar e através de semente. As fertilizações, irrigação e a composição do solo eram idênticas para todas as plantas. No total foram realizados quatro cortes no início da floração, dois no primeiro ano e dois no segundo ano. Os resultados demonstraram que para a plantação a *M. officinalis* cultivada com a densidade 40x20 cm, no segundo ano, com propagação por semente obteve um melhor rendimento por parte das plantas em termos de quantidade produzida, mas não existiu qualquer alteração significativa no rendimento de óleos essenciais, que passou de 0,20% para 0,28% (Saglam *et al.*, 2004).

Moradkhani e colaboradores (2010) efetuaram um estudo de revisão sobre a *Melissa officinalis*. Estudos indicados no seu trabalho indicam que pode variar o teor em óleo essencial ou fazer variar as percentagens dos seus componentes devido ao aumento da exposição solar (teor em óleo essencial e taninos), devido à altura da colheita. Há também aumento do teor em óleos essenciais devido ao défice de água, que diminui com uma elevada salinidade do solo. Refere ainda que reduções de água acima de 25% podem afetar negativamente o rendimento da biomassa, pelo que não se deverá exceder.

A adubação tem um efeito na quantidade e percentagem de óleo essencial da erva-cidreira, na altura da planta e número de ramos laterais da planta. A adubação nitrogenada de 90 Kg ha<sup>-1</sup> apresentou um maior rendimento biológico, com uma produção de biomassa de 6788 Kg ha<sup>-1</sup> e uma altura da planta superior à adubação de 60 Kg ha<sup>-1</sup>, que por seu lado apresentou uma maior percentagem de óleo essencial por planta e quantidade por hectare, cerca de 0,26% por planta e 16,05 Kg ha<sup>-1</sup>. Além disso a adubação de 60 Kg ha<sup>-1</sup> apresentou ainda um número superior de perfilhos que a outra adubação (Moradkhani *et al.*, 2010).

Moradkhani e colaboradores (2010) reviram ainda estudos que relacionam a altura de colheita da planta, o desenvolvimento e a idade individual da planta. O momento em que a colheita da planta pode influenciar o teor em óleos essenciais. A colheita efetuada pela manhã após pulverização com água, para evitar a perda de terpenos voláteis, demonstrou ter melhor rendimento, principalmente nas folhas terminais da erva-cidreira, apesar disso existem também estudos em que não se consegue demonstrar uma diferença significativa entre as diferentes partes da planta. Alguns autores demonstraram que os botões florais, as flores tinham percentagens mínimas de óleos essenciais, seguidos das folhas basilares e as folhas

terminais. A composição dos óleos essenciais também é diferente entre a posição das folhas, enquanto as terminais, os botões florais e as flores apresentam maior percentagem de citral (90%), as folhas basilares e que se encontram a meio do caule apresentam maior percentagem de citronelal e cariofileno.

No Irão foi conduzido um estudo com o intuito de avaliar a alteração do óleo essencial de *M. officinalis* em condições de *stress* hídrico, para isso foram realizados talhões de 8m<sup>2</sup>, replicados quatro vezes, com 5 níveis diferentes de *stress*, 100% da capacidade do solo, 80%, 60%, 40% e 20%. Os resultados obtidos indicam que para as plantas que recebiam mais água a quantidade de biomassa e a altura das plantas era superior, no entanto o maior rendimento de óleo essencial foi conseguido com as plantas que tiveram sobre *stress* a 40% de capacidade do solo, já a maior percentagem de óleos essenciais foi obtida nas plantas sobre mais *stress* hídrico (Farahani *et al.*, 2009).

Saeb e Gholamrezaee (2012) avaliaram a variação de óleo essencial das folhas da *M. officinalis* de acordo com a sua fase de desenvolvimento. Concluíram que o óleo essencial varia de acordo com a fase de crescimento em que a planta se encontra e que a melhor fase é antes ou durante a floração, pois após a floração a planta para além de alterar a sua composição de óleo essencial, tem um rendimento inferior.

O *stress* hídrico foi estudado na planta *Rosmarinus officinalis* por Delfine e colaboradores (2005), as plantas de alecrim foram colocadas sobre condições ótimas de irrigação (100%), condições moderadas (50%) de *stress* e condições severas (0%), em que a reposição de água era efetuada de acordo com o peso em água que a planta consumia, verificado através da pesagem dos vasos, que para limitar a evaporação de água tinham na superfície do solo perlite branca. O estudo concluiu que apesar de existir um aumento de óleo essencial na composição da planta com o *stress* hídrico, devido à baixa produção de biomassa, há um declínio de rendimento de óleo essencial por hectare, com o aumento da ausência de reposição de água.

A baixa produção de biomassa deve-se à restrição de difusidade de CO<sub>2</sub> nas folhas do alecrim. Ao nível da composição do óleo essencial, os monoterpenos aumentaram com o aumento da restrição de água (Delfine *et al.*, 2005).

O óleo essencial extraído de plantas de alecrim espontâneo de cinco diferentes regiões do Alentejo, nomeadamente Portalegre, Sousel, Évora, Portel e Serpa, sem uniformização de solos e com as características climáticas próprias de cada região demonstraram diferenças na percentagem de composição do óleo essencial, principalmente em canfeno, p-pineno, mirceno, 1,8-cineol+limoneno e borneol (Serrano *et al.*, 2002).

O estudo conclui igualmente que a altura da colheita do alecrim para extração de óleo essencial, não altera significativamente a composição do óleo, exceto o  $\alpha$  e  $\beta$ -pineno, mas sim o rendimento de óleo que se extrai da planta (Serrano *et al.*, 2002).

O efeito da salinidade na composição de óleos essenciais do *Rosmarinus officinalis* também foi estudado com diferentes níveis de tratamentos com NaCl. As plantas foram submetidas a soluções de 100 mM, 150 mM, água da torneira da região do Irão e água do Mar Cáspio com cerca de 11-13 g/l de NaCl. No decurso do crescimento das plantas não houve qualquer tipo de aplicação de fertilizantes, herbicidas e pesticidas. O rendimento de óleo essencial é superior quando a planta é tratada com a água do Mar Cáspio e é menor quando tratada com água da torneira (Langroudi *et al.*, 2013).

A composição do óleo essencial é afetada tanto pela redução no número de compostos existentes, como pela alteração da percentagem de alguns compostos, como a redução de 1,8-cineol com o aumento da salinidade e também pelo aparecimento de acetato de bornilo com o tratamento da planta com o tratamento com água do Mar Cáspio (Langroudi *et al.*, 2013). A planta de alecrim com o aumento de salinidade da água de rega tem uma altura menor, uma produção de biomassa inferior, mas tem um aumento de compostos fenólicos (Kiarostami *et al.*, 2010).

A variabilidade genética também determina a composição de óleos essenciais das plantas. Zaouali e colaboradores (2010), encontrou diferenças entre duas variedades de *R. officinalis* quando comparou os óleos essenciais de *R. officinalis* var. *troglydoturum* e var. *typicus*. Que demonstra que a escolha da variedade de alecrim é importante consoante o fim a que se destina o óleo essencial que se pode extrair.

Estudos realizados nas plantas de *Laurus nobilis* demonstraram que os óleos essenciais extraídos de diferentes órgãos da planta variam na sua composição e rendimentos, tal como quando são extraídos óleos essenciais de diferentes regiões (Fiorini *et al.*, 1997; Sangun *et al.*, 2007).

### **3.1. Extração de óleos essenciais**

Os óleos essenciais são segundo a norma da International Standart Organization, ISO 9235 (2013) e a Norma Portuguesa, NP 90 (1987) do Instituto Português da Qualidade, os produtos que se obtêm exclusivamente por destilação de matéria vegetal, com ou sem vapor de água, ou por processos mecânicos a partir do epicarpo de frutos de espécies *Citrus*. Os óleos também foram definidos por diversos autores, como compostos aromáticos concentrados produzidos a partir de folhas, sementes, cascas, raízes e cascas de frutos de uma variada espécie de plantas, ou como compostos voláteis de plantas aromáticas (Araus *et al.*, 2009; Cunha *et al.*, 2009; Semen e Hizioglu, 2005; Turek e Stintzing, 2013).

Os óleos essenciais podem ser extraídos por diferentes métodos de destilação ou por expressão, mais comumente utilizado nos citrinos. A destilação é feita por água, hidrodestilação, e a mais usual é a que utiliza o vapor de água para extrair os compostos voláteis. A destilaria deverá ter uma caldeira com água onde é fornecida energia através de

uma fonte de calor, o aumento de temperatura provoca uma mudança de fase na água, para vapor de água, este é conduzido para o alambique de destilação onde está o material a destilar e arrasta consigo os compostos voláteis. No condensador, o vapor passa para o estado líquido, sendo depositado geralmente num recipiente “tipo florentino”, onde por ação de gravidade há separação da fase aquosa e do óleo essencial, este tipo de destilação pode ainda ter a planta submersa em água, para que não se passe a temperatura de 100°C e evitar a degradação de compostos voláteis (Cunha *et al.*, 2009; Muñoz, 1987; Ranjitha e Vijiyalakshmi, 2014).

A construção de alambiques para a destilação em explorações agrícolas deve ter em conta a dimensão das mesmas e a capacidade para rentabilizar o investimento. Estes necessitam ainda de uma grande quantidade de água para que possam trabalhar e de energia para produção de calor (Muñoz, 1987).

Há outros métodos de extração, como a extração com fluido supercrítico (dióxido de carbono) ou com solventes orgânicos. No entanto são mais dispendiosos, sendo indicados para grandes indústrias principalmente as de aroma e fragâncias. A extração de extratos por dióxido de carbono supercrítico demonstra resultados de uma qualidade superior ou idêntica a todos os outros processos de extração, com uma aproximação de aroma e fragância mais próxima do real, e uma rápida velocidade de extração quando comparada com a hidrodestilação (Cunha *et al.*, 2009; Gaspar e LeeKe, 2004); Kubeczka, 2010; Reverchon, 1997). No entanto um estudo que comparou a viabilidade económica da extração por dióxido de carbono supercrítico e destilação por vapor em alecrim, anis e funcho, ficou provado que a extração pelo primeiro método é possível de efetuar com viabilidade económica, desde que se tenha possibilidade de efetuar um grande investimento inicial, tendo em atenção que segundo a NP 90 (1987) apenas podem ser considerados extratos (Pereira e Meireles, 2007).

Muñoz (1987) descreve destilarias e destiladores para extração de plantas aromáticas. São essencialmente de dois tipos, os primeiros são cilíndricos com uma altura de dois metros, um diâmetro variável entre um metro e cinquenta centímetros e os três metros, o metal utilizado para revestimento é ferro, com dois milímetros de espessura e a fonte de energia, o fogo, alimenta diretamente o destilador. São portáteis e de fabrico artesanal. O rendimento destes é fraco, a destilação é lenta e a essência obtida é de qualidade inferior, pelo que servem para regiões mais isoladas e destilação de flora silvestre.

Os alambiques a vapor com ou sem pressão e utilização de sistema de “banho-maria”, são de pequena capacidade com seiscientos ou oitocentos litros de volume ou de grande capacidade com mil a dez mil litros de volume. São fixos e têm uma bandeja elétrica para carga e descarga da matéria vegetal. A capacidade de carga dos alambiques é usualmente uma quinta parte do seu volume, ou seja entre duzentos a dois mil quilogramas de carga para os de grande capacidade, tem serpentinas de refrigeração entre os trinta e os cento e oitenta metros e termina num coletor galvanizado “tipo florentino”. A duração de cada destilação é de cerca de 25 a 40 minutos (Muñoz, 1987). Os óleos essenciais não irão ser utilizados imediatamente

após a extração pelo que poderão sofrer alterações durante a armazenagem, logo um acondicionamento correto aumenta o tempo de prateleira do produto final. Ao nível de fatores externos deverá ter-se em conta a temperatura, a luz e a presença de oxigénio, em relações aos fatores internos encontra-se a composição dos óleos essenciais, a estrutura dos compostos e a presença de impurezas, tais como metais. A contribuição do sabor de cada composto não depende apenas da sua concentração, mas também do seu limiar de odor específico que é determinado pela sua estrutura e volatilidade. Logo, no decurso as reações de oxidação ou degradação podem ter uma forte influência sobre o sabor e odor, se os compostos daí resultantes tiverem um limiar de odor ou sabor elevado (Turek e Stintzing, 2013).

A luz acelera a autooxidação e provoca a foto-oxidação dos óleos essenciais, o aumento da temperatura acelera as reações químicas, e a presença de oxigénio provoca reações de oxidação. Relativamente aos fatores internos a presença de metais serve de catalisador a reações de oxidação, a presença de água provoca hidrólise, o que altera a matriz de composição dos óleos essenciais. Por fim a própria composição do óleo pode aumentar o seu tempo de prateleira, uma vez que a presença de fenóis aumenta a sua estabilidade durante a armazenagem (Turek e Stintzing, 2013).

A armazenagem de óleos essenciais foi estudada nos óleos essenciais do alecrim, tomilho. A importância do estudo da armazenagem dos óleos essenciais prende-se com o fato da alteração sensorial e farmacológica diminuir a qualidade dos mesmos. Os óleos, todos obtidos por destilação a vapor, após terem sido submetidos a três regimes diferentes de armazenagem, foram avaliados quanto ao pH, à condutividade, a sua composição química e índice de peróxidos, para verificar a influência da luz e da temperatura (Turek e Stintzing, 2012).

A armazenagem foi efetuada utilizando 3 alíquotas de um mililitro cada, num frasco de cor âmbar foi colocada 1 alíquota a uma temperatura de  $23\pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 72 semanas no escuro; as outras duas alíquotas foram colocadas num frasco transparente, com luz durante vinte e quatro horas com temperaturas de  $23\pm 3^{\circ}\text{C}$  e  $38\pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 e 12 semanas respetivamente. O óleo essencial do alecrim armazenado no escuro não apresentou alterações significativas no seu perfil químico, após 12 semanas de armazenamento, por outro lado as que foram submetidas à presença da luz apresentaram degradações significativas nos hidrocarbonetos polinsaturados ( $\alpha$ -terpineno e  $\alpha$ -felandreno), ocorrendo ao mesmo tempo um aumento do p-cimeno. Este fato pode dever-se à presença de uma grande quantidade de hidrogénios alílicos disponíveis nos terpenos polinsaturados, que são captados, formando radicais estáveis por ressonância (Turek e Stintzing, 2012).

De uma forma geral o aumento de óxido de cariofileno e p-cimeno são os principais marcadores de alteração de qualidade do óleo essencial de alecrim, quando sujeito à presença de luz na armazenagem, visto se manterem estáveis no escuro. O estudo, com exceção a um pequeno aumento no índice de peróxidos, não encontrou alterações significativas relativamente



à condutividade e pH no escuro, por outro lado verificou que na presença da luz há um aumento no índice de peróxidos, condutividade e uma diminuição do pH (Turek e Stinzing, 2012).

Ao contrário do óleo essencial de alecrim, o de tomilho apresentou uma grande estabilidade físico-química para todos os tipos de armazenagem, e apesar de a condutividade ter duplicado ao fim das 72 semanas de armazenamento no escuro, tanto o pH como o índice de peróxidos se mantiveram relativamente estáveis (Turek e Stinzing, 2012).

O óleo essencial de tomilho em comparação com o de alecrim demonstrou ser resistente no armazenamento prolongado. As poucas alterações verificadas foram majoritariamente nos monoterpenos ( $\alpha$ -terpineno,  $\beta$ -mirceno e  $\gamma$ -terpineno), mais visíveis quando colocado sobre 24h de luz a  $38\pm 3^\circ\text{C}$ . Apesar disso a degradação foi inferior à verificada no óleo essencial de alecrim. A estabilidade do óleo de tomilho poderá estar associada à elevada percentagem de compostos fenólicos (timol e carvacrol) na composição do óleo (Turek e Stinzing, 2012).

Os efeitos da armazenagem no óleo essencial da *M. officinalis* foram estudados a três temperaturas diferentes,  $-20^\circ\text{C}$ ;  $4^\circ\text{C}$  e  $25^\circ\text{C}$  durante quatro meses e comparados posteriormente com o óleo essencial extraídos da planta fresca. Os melhores resultados foram obtidos na armazenagem a  $-20^\circ\text{C}$  e a  $4^\circ\text{C}$ , o que demonstra que este tipo de óleo deve ser acondicionado num congelador ou refrigerador, uma vez que mantêm a sua composição praticamente inalterada, ou seja com maior qualidade. À temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , os principais compostos do óleo essencial, (citronelal, geranial, neral), diminuíram a concentração, e houve um aumento dos compostos 1,8-cineol, cânfora, borneol e óxido de cariofileno (Najafian, 2014).

O envelhecimento dos óleos essenciais armazenados pode causar alterações na sua qualidade e composição alterando as suas características sensoriais, prejudicando a sua utilização a nível industrial e podendo ainda prejudicar o bem-estar do consumidor (Turek e Stintzing, 2013).

As reações de degradação são geralmente estudadas através de compostos de referência ou de modelos de sistemas, enquanto as reações de oxidação-redução são estudadas recorrendo a oxigénio molecular, catalisadores ou foto-sensibilizadores. Desta forma, a criação artificial das condições de degradação limita as conclusões que se podem retirar dos resultados obtidos, pois estes não estão diretamente relacionados com as condições reais de armazenamento. Há ainda que considerar que os óleos essenciais são uma mistura de compostos cuja oxidação individual pode afetar diretamente o comportamento de degradação dos restantes compostos, como por exemplo através de efeitos pro e antioxidantes (Turek e Stintzing, 2013).

Até à data foram efetuados vários estudos respeitantes às alterações das substâncias dos óleos essenciais quando armazenados na presença de ar. A técnica utilizada nestes estudos foi a cromatografia gasosa. Alguns estudos basearam-se na comparação da composição

química entre amostras óleos com tempos de envelhecimento diversos e óleos essenciais genuínos enquanto outros compararam a composição de óleos armazenados à luz com a de óleos armazenados com a sua ausência. Outros estudos consideraram ainda o efeito da temperatura de armazenamento. Destes estudos concluiu-se, principalmente, que a exposição à luz e temperaturas de armazenamento elevadas diminuem consideravelmente a quantidade de terpenos insaturados e provocam um aumento de p-cimeno. Dependendo do óleo essencial foi ainda descrita uma proporção direta entre o aumento de compostos oxidados e o tempo de armazenagem (Turek e Stintzing, 2013).

Estudos mais completos onde incluíram, para além da cromatografia gasosa, a avaliação de diversas propriedades físico-químicas. Os óleos essenciais de salsa, anis, cominho e alcaravia foram armazenados sob diversas condições, no entanto, os resultados obtidos foram considerados de baixo rigor. Algumas alterações reportadas na composição química são muito ambíguas e, em vez de serem consequência de processos oxidativos, poderão ter resultado da evaporação de substâncias ou de análises e métodos pouco rigorosos (Turek e Stintzing, 2013).

Investigações mais recentes têm-se focado no estudo do impacto de fatores extrínsecos selecionados em diferentes condições de armazenamento, onde a estabilidade individual dos óleos essenciais foi avaliada através de monitorização da alteração das suas propriedades químicas padrão e das propriedades físico-químicas em tempos máximos de armazenamento de 18 meses. Conclui-se que o carácter individual dos óleos essenciais depende da sua composição e está relacionado de maneira e extensão diferentes com fatores como a exposição à luz, a temperatura de armazenamento e presença de oxigénio, sendo raro encontrar estudos fiáveis e completos e com especificações concretas definidas no que às condições de armazenamento e tempo de vida dos óleos essenciais diz respeito (Turek e Stintzing, 2013).

### **3.2. Identificação dos componentes de óleos essenciais**

A identificação dos compostos dos óleos essenciais é fundamental no estudo de plantas aromáticas, na medida em que é possível identificar alterações na composição normal dos óleos essenciais que ocorram durante o cultivo da planta, nomeadamente doenças a que possam ter sido sujeitas, défice de água, défice de nutrientes, fatores edafoclimáticos, na altura da colheita e de acordo com os tratamentos a que foram sujeitas após a colheita. (Turek e Stintzing, 2013; Zellner *et al.*, 2010). Para além do seu estudo é possível analisar possíveis adulterações que tenham ocorrido nos óleos essenciais. As adulterações dos óleos essenciais podem ser efetuadas com a adição de compostos naturais ou sintéticos com o intuito de gerar óleos essenciais com valores específicos de densidade, rotação ótica, índice de refração ou simplesmente adulterar em termos de quantidade com óleos de qualidade inferior (Zellner *et al.*, 2010).

É possível identificar a qualidade de um óleo essencial pelo seu índice de refração, densidade, rotação ótica, solubilidade e/ou ponto de congelação, no entanto é possível adulterar estes parâmetros, assim a pesquisa de compostos do óleo essencial com métodos analíticos modernos como a cromatografia acoplada a métodos de detecção são uma prática inevitável (Singhal *et al.*, 2001; Turek e Stinzing, 2013; Zellner *et al.*, 2010).

A cromatografia permite a separação e identificação dos componentes dos óleos essenciais, esta pode ser classificada de acordo com o tipo de suporte, modo de separação, natureza da fase móvel, composição da fase móvel, modo da operação ou objetivo da separação. A cromatografia em camada fina (TLC) foi um método utilizado no controlo da qualidade durante muito tempo, devido à facilidade de realização, mas técnicas de separação como a cromatografia gasosa (GC) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) têm ganho importância na indústria e estudos científicos com óleos essenciais, a GC ou HPLC normalmente são acopladas a um espectrómetro de massa (MS) ou detetor de ionização de chama (FID) (Turek e Stinzing, 2013).

### **3.3. Influência da secagem nos óleos essenciais das plantas aromáticas**

O processo de secagem aumenta significativamente o tempo de prateleira das plantas aromáticas, no entanto os seus compostos aromáticos são voláteis, pelo que durante o processo poderão ocorrer alterações na composição dos óleos essenciais. Este processo poderá levar à perda de alguns compostos presentes nas plantas, o que influencia a sua qualidade final (Sárosi *et al.*, 2013; Venskutonis, 1997).

Sárosi e colaboradores (2013) levaram a cabo um estudo que relaciona diferentes métodos de secagem com alterações na composição do óleo essencial de tomilho. A planta foi colhida em plena floração e dividida em cinco amostras, três amostras foram colocadas numa câmara de secagem durante 50h a 30°C, 24h a 40°C e 18h a 50°C, uma amostra foi seca naturalmente à sombra durante 46h em bandejas e a outra liofilizada. Os resultados obtidos por este estudo revelaram que a liofilização e a secagem a 50°C motivaram a maior perda de compostos voláteis por parte das amostras, que levou a um menor rendimento de óleo essencial por cada cem gramas de planta. O maior rendimento foi obtido na secagem a 30°C, apesar de não ter sido significativamente diferente da secagem natural e a 40°C.

No que concerne à composição do óleo essencial, a percentagem de timol no óleo essencial obtido das amostras submetidas a baixas temperaturas, secagem natural e a 30°C, foi significativamente mais baixo que a percentagem de timol na amostra sujeita a liofilização, superior que a encontrada na planta fresca, sugerindo que os monoterpenos tendem a diminuir quando sujeitos a processos de secagem mais longos (Sárosi *et al.*, 2013).

Em relação ainda aos principais compostos (timol, p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno e carvacrol) a secagem a 30°C apresentou resultados bastante diferentes das outras amostras, enquanto a secagem a 40°C apresentou os resultados mais próximos da secagem ao natural e da composição do óleo da planta fresca. Em relação a outros compostos os autores salientaram ainda que o  $\beta$ -mirceno diminuiu em todas os métodos de secagem, o  $\beta$ -cariofileno diminuiu em quase todos os métodos, exceto na secagem a 50°C, não tendo existido alterações significativas para os compostos 1,8-cineol e linalol. Estes resultados devem-se provavelmente à diferença de volatilidade e caráter de oxidação dos compostos não oxigenados durante o processo de secagem, a perda de compostos não oxigenados foi mais significativa a 50°C que de compostos oxigenados (Sárosi *et al.*, 2013).

O estudo efetuou também uma análise sensorial às diferentes amostras em estudo, e o painel de consumidores preferiu a amostra sujeita a liofilização com base nas características organoléticas, apesar de ter sido a que teve menor rendimento de óleo essencial. No entanto, para a utilização da planta na indústria deverá realizar-se a secagem a 40°C (Sárosi *et al.*, 2013).

No irão submeteu-se a seis tipos de secagem diferentes o *Thymus daenensis*. As amostras foram submetidas a três dias de secagem natural à sombra com temperatura ambiente de 25°C, treze horas de secagem direta ao sol, vinte horas num forno de ar quente a 50°C e quinze horas a 70°C, três minutos num forno micro-ondas a 500W e seis horas num liofilizador. Neste caso o método de secagem com o liofilizador apresentou uma maior percentagem de óleo essencial na planta, enquanto a secagem com o micro-ondas e à sombra conservavam a menor percentagem, devido à alta temperatura atingida e à longa secagem respetivamente, o que demonstra que variações dentro da mesma família de plantas apresentam resultados diferentes devido à diferente composição de óleos essenciais, bem como o tipo e localização dos tecidos secretores. A secagem ao sol e no forno a ambas as temperaturas também apresentaram uma percentagem de óleo essencial importante e não foram significativamente diferentes entre si (Rahimmalek e Goli, 2013).

Relativamente à composição do óleo essencial os três principais compostos (timol, carvacrol e  $\beta$ -cariofileno) do *T. daenensis* exibiram um aumento destes compostos com o aumento da temperatura, quando comparados com os outros métodos de secagem. Outros compostos como o 1,8-cineol, borneol,  $\beta$ -mirceno, p-cimeno e  $\gamma$ -terpineno diminuíram no forno quente a 70°C, quando comparados com os valores obtidos na estufa a ar quente a 50°C, estes valores devem-se à perda de monoterpenos quando submetidos a secagem a ar quente ou forno e também à afinidade por água do  $\beta$ -mirceno e  $\gamma$ -terpineno, arrastados pela água durante o processo de secagem (Rahimmalek e Goli, 2013).

Na seleção do melhor método de secagem de plantas medicinais, devem ser considerados critérios como a espécie vegetal, o consumo de energia, custo e cor da planta seca, óleo essencial e o tempo de secagem. O *T. daenensis* tem folhas muito pequenas pelo que o tempo

de secagem é um fator menos determinante na secagem desta espécie em comparação com a temperatura. Houve danos na cor com o aumento de tempo e temperatura de secagem, e apesar de o forno a 50°C e a liofilização terem apresentado características de cor e um rendimento em óleo essencial apreciável, o micro-ondas pode ser um método simples, rápido e económico para conservar o aroma dos tomilhos (Rahimmalek e Goli, 2013).

A influência da secagem na composição do óleo essencial das folhas de *Laurus nobilis* pela secagem natural a temperatura ambiente, num forno a 45°C e a 65°C, micro-ondas a 500W e secagem por infravermelhos a 45°C e a 65°C, forma avaliadas até as folhas apresentarem uma percentagem de humidade inferior a 10%. Nos métodos de secagem à temperatura ambiente e infravermelho a 45°C a percentagem de óleo essencial presente na análise foi superior às obtidas nas folhas frescas. Através dos métodos de secagem por infravermelhos a 65°C e forno micro-ondas a 500W, obtiveram-se percentagens idênticas às folhas frescas e na secagem pelos fornos a ambas as temperaturas foram obtidas percentagens inferiores à das folhas frescas (Sellami *et al.*, 2011).

As diferenças entre o método de secagem pelo forno e infravermelho, apesar de terem decorrido às mesmas temperaturas, obtiveram diferentes percentagens de óleos devido à difusão de óleo essencial na atmosfera de secagem, porque o tempo de secagem, até obtenção de menos de 10% de humidade, nos fornos foi superior ao infravermelho. Porém, o aumento de temperatura de 45°C para 65°C na secagem por infravermelho resultou numa diferença significativa na percentagem de óleo das folhas de loureiro. Assim a secagem natural e a secagem por infravermelhos a 45°C são os melhores métodos de secagem para obtenção das melhores percentagens de óleos essenciais provenientes das folhas de *L. nobilis* (Sellami *et al.*, 2011).

Em relação aos compostos do óleo essencial há uma perda pronunciada de monoterpenos no método de secagem por fornos, especialmente a 65°C. Na secagem por micro-ondas, infravermelhos a 45°C e secagem natural houve um aumento significativo de monoterpenos oxigenados, enquanto no forno a ambas as temperaturas e na secagem por infravermelhos a 65°C, ocorreu uma diminuição. A concentração dos monoterpenos oxigenados foi significativamente alterada pelo método de secagem. Em relação aos três principais compostos encontrados nas folhas frescas (1,8-cineol, linalol e metil-eugenol), as suas concentrações aumentaram nos métodos de secagem natural e por infravermelhos a 45°C, diminuindo nos restantes métodos. De salientar, que o sabineno desapareceu nos métodos de secagem por forno a 45°C e natural e que o composto borneol surgiu em todos os métodos de secagem, exceto na secagem natural (Sellami *et al.*, 2011).

A secagem por infravermelhos a 45°C, forno micro-ondas a 500W e secagem natural apresentaram baixas perdas de compostos voláteis e podem mesmo aumentar as percentagens dos principais constituintes, principalmente a secagem natural, que quer na quantidade de óleo essencial obtida, quer na sua qualidade, é o melhor método para se efetuar

a secagem. Contudo, a dificuldade em controlar a secagem natural e o tempo que demora em relação aos outros dois métodos são mais aconselháveis (Sellami *et al.*, 2011).

Venskutonis (1997) efetuou a secagem de *thymus vulgaris* L. e *salvia officinalis* L. num forno de secagem a 30°C e 60°C com uma velocidade de ar a 3,3 m s<sup>-1</sup> e num liofilizador a uma temperatura inicial de -50°C. Os teores de humidade das plantas variaram com o tipo de secador e entre as espécies, mas foram próximos dos 10% de humidade. O óleo essencial foi isolado através de dois métodos, extração e destilação simultânea (SDE) e “headspace” dinâmico (HD) e analisado por GC-MS.

Nos dados apurados as perdas de compostos voláteis foram significativas para a secagem a 60°C, especialmente dos monoterpenos não oxigenados, que se poderá dever à oxidação e diferenças de volatilidade dos diferentes compostos. Na constituição dos compostos isolados por SDE, o tomilho e a salva tiveram percentagens de concentração dos óleos essenciais na planta seca a 30°C idênticas à planta fresca, tendo diminuído a sua concentração em 43% no tomilho e 31% na salva através da secagem a 60°C. Na liofilização apesar de no caso da salva não ter existido alterações significativas, no tomilho a concentração do óleo aumentou, principalmente devido ao aumento da concentração do timol (Venskutonis, 1997).

Ao nível de constituintes dos óleos essenciais, a salva apresentou concentrações de compostos idênticos no caso da liofilização e secagem a 30°C, mas a 60°C diminuiu a concentração de mirceno, limoneno e β-pineno, tendo um composto não identificado aumentado a sua concentração. No tomilho o aumento de β-cariofileno nas secagens a 30°C e por liofilização, e a perda de monoterpenos não oxigenados, principalmente álcoois terpénicos, na secagem a 60°C (Venskutonis, 1997).

Na análise HD, a salva apresentou uma maior percentagem de óleo essencial extraído na planta fresca, quando comparada com as plantas secas, quer por liofilização, quer sobretudo pelas secas nos fornos de secagem a ambas as temperaturas. O óleo essencial do tomilho, apresentou uma maior percentagem extraída na secagem a 60°C, a análise revelou ainda o aparecimento de um composto não identificado em todos os processos de secagem, sendo mais saliente na secagem a 60°C (Venskutonis, 1997).

Relativamente aos compostos a secagem da salva seca a 30°C e 60°C, são poucas as diferenças e existiu principalmente um aumento de α-tuiona na secagem a 60°C. No tomilho destaca-se essencialmente o aumento de p-cimeno, γ-terpineno, mirceno, timol e linalol, entre outros para a percentagem de óleo essencial proveniente da planta seca a 60°C (Venskutonis, 1997).

Na análise SDE efetuada o conteúdo em óleo de ambas as plantas a 30°C e liofilizadas não sofreram alterações significativas, ao contrário das secas a 60°C, enquanto na análise HS a percentagem de óleos diferem significativamente do tomilho e da salva e dependem do método e temperatura a que foram submetidas. A análise SDE efetuada ao tomilho revela ainda que a

temperatura de 60°C afeta a estrutura onde os óleos essenciais estão armazenados (Venskutonis, 1997).

Hanaa e colaboradores (2012) e Arabhosseini e colaboradores (2007), estudaram os efeitos da secagem na erva príncipe (*Cymbopogon citratos*) e estragão francês (*Artemisia dracunculus*) respectivamente. A erva príncipe foi submetida a secagem ao sol, à sombra com ventilação e num forno a 45°C, concluindo-se que a secagem a 45°C era o melhor método de secagem para uma maior percentagem de extração de óleos essenciais e a secagem à sombra com ventilação era o melhor método para a obter maior percentagem dos principais componentes (geranial e neral) do *C. citratos* (Hanna *et al.*, 2012).

No estudo de secagem do estragão francês a secagem foi efetuada num secador de ar quente com uma velocidade de  $0,6 \text{ m s}^{-1}$ , com temperaturas a 45, 60 e 90°C, com uma humidade relativa de 17%, 7% e 2,5%, respetivamente. Sendo que na temperatura a 60°C foi também utilizada a humidade relativa de 18%, para explorar a influência da secagem relativa na secagem. As secagens foram todas terminadas ao serem atingidos os 10% de humidade nas folhas de estragão francês e compararam as secagens tendo em conta as alterações que ocorreram ao longo do armazenamento das folhas. Conclui-se que as maiores alterações na cor e óleo essencial ocorreram na secagem a 90°C e as menores alterações ocorreram na secagem a 45°C. No entanto as variações que foram encontradas logo após a secagem a 90°C não foram significativas, as mudanças de cor e composição de óleo essencial ocorreram essencialmente durante a armazenagem. Na secagem a 60°C nas diferentes percentagens de humidade relativa, os óleos essenciais foram mais estáveis após a secagem com humidade relativa a 18%. Assume-se que para manter a qualidade do estragão se deve proceder à secagem a 45°C (Arabhosseini *et al.*, 2007).





## 4. Qualidade

Na indústria de plantas aromáticas os termos autenticidade e qualidade estão muitas vezes em contradição. O termo autenticidade é utilizado quando uma planta está livre de adulteração, ou seja sem impurezas ou corpos estranhos no produto. No entanto nas plantas aromáticas, o termo autenticidade nem sempre é sinónimo de não adulteração, por exemplo, no caso da salva qualquer espécie é definida como *Salvia officinalis* mas, muitas vezes estamos a falar de espécies diferentes destas como *Salvia trilobula* e *tomatosa*, que são tratadas e aceites universalmente como salva. Assim a qualidade nas plantas aromáticas é definida com o uso ou finalidade da planta e as suas espécies (Muggeridge e Clay, 2001).

Hoje em dia apesar dos diversos métodos de conservação e processamento de plantas aromáticas, o mais utilizado, como já foi referido, é a secagem e, por isso as especificações de qualidade nestas plantas são maioritariamente referente às plantas secas. Os principais parâmetros de qualidade a nível internacional são a limpeza, quantidade de cinza e cinza insolúvel em ácido, determinação de óleos voláteis, a humidade, atividade da água, quantidade de pesticidas, presença de microorganismos, micotoxinas e o tamanho das partículas (Muggeridge e Clay, 2001).

Estes parâmetros são importantes na determinação de uma qualidade mínima do produto e é facilitada pela aplicação das Boas Práticas Agrícolas e de Recolha (BPAR), disponibilizadas pela Organização Mundial de Saúde e Agência Europeia de Medicamentos. No entanto, como já referido as condições edafoclimáticas podem influenciar a composição química dos metabolitos secundários da planta, pelo que é complexo definir uma composição específica para cada planta no que à qualidade diz respeito. Estas práticas garantem essencialmente a prevenção de contaminações químicas, biológicas, físicas e adulterações. Por outro lado em Farmacopeias e Normas ISO, é possível verificar a existência de alguns processos que servem para identificar a matéria-prima que está a ser comercializada, qual é a sua espécie botânica, a parte da planta, qual a composição mínima de determinados compostos ou especificações de padrões dos óleos essenciais das plantas (Salgueiro *et al.*, 2010).

Neste contexto a abordagem à qualidade das plantas aromáticas e medicinais deverá ser efetuada através de três abordagens, a genética, a agronómica e a tecnológica. Assim a qualidade nas plantas aromáticas e medicinais pode ser obtida através da seleção de ecótipos apropriados para a obtenção de matéria seca, ou pelo teor em determinados compostos. A abordagem agronómica salienta as BPAR, as condições edafoclimáticas e as possíveis alterações que ocorrem no metabolismo secundário das plantas, sendo que a abordagem tecnológica foca a influência dos diversos processos no teor de determinados compostos (Poutaraud e Girardin, 2005). Salgueiro e colaboradores (2010), definem a qualidade de um produto pela sua capacidade de atender aos critérios esperados e se por um lado as normas visam um nível mínimo de qualidade para deteção de adulterações, por outro necessitam de

identificar indicadores que evidenciem componentes do produto e características desejadas e esperadas pelo consumidor. Os indicadores também referidos por Muggeridge e Clay (2001) e Zellner e colaboradores (2010), englobam os constituintes naturais das plantas e a sua variação presentes no produto final, as faixas de concentração de cada um dos componentes, características físicas e a ausência de contaminantes (Muggeridge e Clay, 2001; Zellner *et al.*, 2010).

Definir padrões no que à qualidade diz respeito, por exemplo, de princípios ativos, propriedades organoléticas, valores limite de metais pesados ou resíduos de fitofarmacêuticos de acordo com as normas e especificações internacionalmente reconhecidas ou nacionais, ajudam nas trocas de mercado que existem entre os produtores e consumidores, pois facilitam a confiança e credibilidade e ajudam na criação de produtos consistentes e seguros (EUROPAM, 2010; Salgueiro *et al.*, 2010).

O controlo de qualidade deve efetuado especialmente quando as plantas são dirigidas para indústrias de processamento das PAM, como por exemplo a farmacêutica, alimentar ou cosmética. Assim deverá ter-se em conta a identificação da planta, características botânicas e organoléticas, a composição dos óleos essenciais, a toxicidade, a pureza, os contaminantes, radioatividade, adulterações, cinzas totais, solúveis em ácido ou em água, materiais estranhos da planta que não são definidos como medicinais ou outras plantas, teor de humidade (Salgueiro *et al.*, 2010).

Groot e Van Der Roest (2006) sugerem que os requisitos básicos para controlo de qualidade na produção de PAM são: instalações adequadas, pessoal treinado e procedimentos de amostragem, inspeção e testes de materiais, materiais de embalagem e produtos intermédios e produtos acabados ou a granel; pessoal e métodos aprovados pelo controlo de qualidade para recolha e análise das amostras; métodos de ensaio validados; registos efetuados manualmente ou através de instrumentos de gravação, com demonstração de que todas as amostragens, inspeções e testes foram efetuados e que todos os desvios foram registados e investigados; os produtos acabados devem conter todos os compostos ativos conforme a composição qualitativa e quantitativa autorizada para comercialização, com a pureza exigida e embalados em recipientes adequados e com a devida rotulagem; realizar registos dos resultados das inspeções e testes aos materiais formalmente avaliados em relação à especificação, incluindo a revisão e avaliação da documentação relevante de produção e dos procedimentos em caso de desvios; nenhum lote deve ser colocado no mercado sem estar em conformidade com os requisitos da autorização de comercialização; devem existir amostras da matéria-prima e do produto acabado para futuras análises, a amostra do produto acabado deve ser armazenada na embalagem final.

Um atributo importante das PAM são as suas qualidades sensoriais pelo que para avaliar a qualidade do produto final é importante a submissão das infusões a painéis de provadores ou

nariz eletrônico, para que o produto esteja de acordo com as expectativas do mercado (Infante *et al.*, 2010 e Ghasemi-Varnamkhasti *et al.*, 2010).



## 5. Conclusão

As PAM apresentam neste momento um enorme crescimento no mercado devido aos avanços que vão sendo efetuados pela comunidade científica, que tem estudado o seu potencial comercial, quer ao nível farmacológico, quer ao nível alimentar. Tendo sido impulsionado em Portugal pelas ajudas comunitárias através do PRODER.

A qualidade do produto final, a apresentação de preços competitivos e o volume de produção são fundamentais para o produtor que queira integrar este mercado. Neste sentido, a utilização de secadores solares que utilizem total ou parcialmente a energia solar são um grande aliado na produção do produto final, ao permitir uma redução significativa no processamento das PAM, uma vez que o processo de secagem reduz as perdas potenciais de produto após colheita, servindo essencialmente para aumentar o tempo de armazenagem das PAM até que estas sejam consumidas pelo consumidor final.

A tecnologia disponível, graças aos avanços científicos nesta área, já permitem uma vasta escolha de secadores com equipamento de controlo das condições de secagem, faltando neste campo linhas orientadoras bem definidas para quais as melhores condições de temperatura, fluxo de ar e humidade de acordo com as especificidades morfológicas das diversas PAM a secar para se obter um maior rendimento das explorações. Estas linhas poderiam aumentar ainda mais a competitividade, pois permitem para além de um maior controlo de custos e uma maior qualidade do produto final, numa perspetiva comercial, uma poupança ambiental importante devido às mudanças climáticas existentes prevenindo os anos vindouros de fenómenos extremos que podem ser calamitosos para as culturas.

Assume-se de uma forma geral e de acordo com a revisão efetuada que é aceitável um fluxo de ar de  $0,75\text{m}^3/\text{min}$  por  $\text{m}^2$ , fluxo admitido para a generalidade dos alimentos (Murthy, 2009), e temperatura máxima de  $40^\circ\text{C}$ , visto ser a temperatura à qual a generalidade dos óleos manteve a qualidade máxima, com recurso ao menor tempo de secagem possível.

Relativamente aos óleos essenciais, as práticas agrícolas extremas podem provocar alterações significativas na composição e concentração de um ou mais dos constituintes dos seus óleos essenciais, existindo possibilidade de perda de qualidade ou aumento de toxicidade. Esta variação ocorre também de acordo com as condições características das diferentes regiões. A sua extração deve ser efetuada através da destilação por arrastamento de vapor, apesar de existirem outros métodos de extração, por uma questão de custos.

Ao nível do controlo de qualidade as farmacopeias e as Normas ISO são ferramentas importantes, pois definem algumas características desejadas para algumas PAM, pelo que se recomenda segui-las. Ao nível das PAM destinadas ao mercado das infusões e chás, recorrer a um painel de provadores para verificar as características organoléticas esperadas parece ao autor a melhor opção para o controlo de qualidade. Recomenda-se ainda que todas as

explorações de PAM sejam certificadas em Agricultura Biológica porque acrescenta valor ao produto final.

## **6. Perspetivas futuras**

Sugere-se a realização de estudos científicos que abranjam todas as variáveis do processo de secagem das PAM, nomeadamente temperatura, fluxos de ar, humidade para diferentes espécies e partes da planta dentro da mesma espécie, uma vez que, por exemplo, a raiz de uma planta não requer as mesmas condições de secagem que uma folha ou caule e no mesmo sentido secar uma folha de cidreira não requer as mesmas condições que uma folha de alecrim, na medida em que existem diferenças morfológicas entre elas. Assim é necessário efetuar estudos específicos para base de valores ideais de secagem, para que os produtores possuam dados técnicos que permitam poupanças económicas e ambientais, aumentando a competitividade das explorações.

É também importante a criação de cooperativas de PAM com o intuito de criarem volume de produção e adquirirem tecnologia de secagem e processamento das PAM, com isto acrescentam valor ao produto final e possibilita um acréscimo de competitividade do produtor português.

Seria ainda interessante efetuar um estudo geral, em diferentes regiões do país, com diferentes espécies para definir as melhores regiões de produção de cada uma das espécies exploradas em Portugal.





## 7. Referências Bibliográficas

- Abdellatif, F.; Boudjella, H.; Zitouni A.; Hassani, A. (2014) Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from leaves of Algerian *Melissa Oficinalis* L., *EXCLI Journal*, 13: 772-781.
- Aleksovski, S.A.; Sovová, H. (2007) Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of *Salvia officinalis* L., *Journal of Supercritical Fluids*, 40: 239–245.
- Almeida, D. (2006) *Manual de Culturas Hortícolas*, 1ª Edição, Editorial Presença (Ed.), Lisboa, 348pp (ISBN: 9789722335515).
- Arabhosseini, A.; Huisman, W.; Van Boxtel, A.; Müller, J. (2007) Long-term effects of drying conditions on the essential oil and color of tarragon leaves during storage, *Journal of Food Engineering*, 79: 561–566.
- Araus, K.; Uquiche, E.; Valle, J.M. (2009) Matrix effects in supercritical CO<sub>2</sub> extraction of essential oils from plant material, *Journal of Food Engineering*, 92: 438–447.
- Asllania, U.; Toskaa, V. (2003) Chemical Composition of Albanian Thyme Oil (*Thymus vulgaris* L.), *Journal of Essential Oil Research*, 15 (3): 165-167.
- Aziz, E.E.; Hendawi, S.T.; El-Din, E.; Omer, E.A. (2008) Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant, *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 4 (4): 443-450.
- Badi, H.N.; Yazdani, D.; Ali, S.M.; Nazari, F. (2004) Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L., *Industrial Crops and Products*, 19: 231–236.
- Balladin, D.A.; Headley, O. (1999) Evaluation of solar dried thyme (*Thymus vulgaris* Linné) herbs, *Renewable Energy*, 17: 523-531.
- Baratta, M.T.; Dorman, H. J. D.; Deans, S.G.; Biondi, D.M.; Ruberto, G. (1998) Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidative Activity of Laurel, Sage, Rosemary, Oregano and Coriander Essential Oils, *Journal of Essential Oil Research*, 10 (6): 618-627.
- Bal, L.M.; Satya S.; Naik, S.N.; Meda, V. (2011) Review of solar dryers with latent heat storage systems for agricultural products, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 876–880.
- Baritoux, O.; Richard, H.; Touche, J.; Derbesy, M. (1992) Effects of drying and storage of herbs and spices on the essential oil. Part I. Basil, *Ocimum basilicum* L., *Flavour and Fragrance Journal*, 7: 267-271.
- Belessiotis, V.; Delyannis, E. (2011) Solar drying, *Solar Energy*, 85: 1665-1691.
- Bennamoun, L. (2013) Integration of Photovoltaic Cells in Solar Drying Systems, *Drying Technology*, 31: 1284-1296.
- Bennamoun, L.; Belhamri, A. (2010) Using solar thermal energy for drying of fresh food products in Algeria. In: *Proceedings of Séminaire International sur le Génie Climatique et l'Energétique*, 6-7 Décembre, Constantine, Algérie.
- Belessiotis, V.; Delyannis, E. (2011) Solar drying, *Solar Energy*, 85: 1665–1691.
- Bettaieb, I.; Zakhama, N.; Wannes, W.A.; Kchouk, M.E.; Marzouk, B. (2009) Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition, *Scientia Horticulturae*, 120: 271–275.
- Boira, H.; Blanquer, A. (1998) Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L., *Biochemical Systematics and Ecology*, 26: 811-822.

- Boutekedjiret, C.; Belabbes, R.; Bentahar, F.; Bessière, J.-M.; Rezzoug, S.A.; (2004) Isolation of Rosemary Oils by Different Processes, *Journal of Essential Oil Research*, 16 (3): 195-199.
- Couvillon, G.A. (1988) Rooting responses to different treatments, *Acta Horticulturae*, 227: 87-196.
- Cunha, A.P.; Ribeiro, J.A.; Roque, O.R. (2009) *Plantas aromáticas em Portugal. Caracterização e utilizações*. 2ª Edição, 328 pp, Fundação Calouste Gulbenkian (Ed.), Lisboa (ISBN: 9789723111705).
- Delfine, S.; Loretob, F.; Pinellia, P.; Tognettia, R.; Alvinoa, A. (2005) Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 243–252.
- Domokos, J.; Héthelyi, É.; Szirmai, S.; Tulok, M.H. (1997) Essential Oil of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) of Hungarian Origin, *Journal of Essential Oil Research*, 9 (1): 41-45.
- Ekechukwu, O.V.; Norton, B. (1999) Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, *Energy Conversion & Management*, 40: 615-655.
- El-Din, A.A.E.; Aziz, E.E.; Hendawy, S.F.; Omer, E.A. (2009) Response of *Thymus vulgaris* L. to Salt Stress and Alar (B9) in Newly Reclaimed Soil, *Journal of Applied Sciences Research*, 5 (12): 2165-2170.
- El-Sebaili, A.A.; Shalaby, S.M. (2012) Solar drying of agricultural products: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 37– 43.
- El-Sebaili, A.A., Shalaby, S.M. (2013) Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint, *Energy Conversion and Management*, 74: 109-116.
- EUROPAM. (2010) *Guidelines for Good Agricultural and Wild Collection Practices for Medicinal and Aromatic Plants (GACP-MAP)*, European Herb Growers Association, Brussels.
- European Pharmacopoeia (2005) *Thyme*, Council of Europe.
- Farahani, H.A.; Valadabadi, S.A.; Daneshian, J.; Khalvati, M.A. (2009) Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions, *Journal of Medicinal Plants Research*, 3 (5): 329-333.
- Fargali, H.M.; Nafeh, A. E. A., Fahmy, F.H., Hassan, M.A. (2008) Medicinal herb drying using a photovoltaic array and a solar thermal system, *Solar Energy*, 82: 1154–1160.
- Farhat, M.B.; Jordán M.J.; Chaouech-Hamada, R.; Landoulsi, A.; Sotomayor, J.A. (2009) Variations in Essential Oil, Phenolic Compounds, and Antioxidant Activity of Tunisian Cultivated *Salvia officinalis* L., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 10349-10356.
- (FERA) The Food & Environment Research Agency (2002) *Pest Risk Analysis For Chrysolina Americana*, Plant Health and Seeds Inspectorate, York.
- Fiorini, C.; Fourasté, I.; David B.; Bessière, J. M. (1997) Composition of the Flower, Leaf and Stem Essential Oils from *Laurus nobilis* L., *Flavour and Fragrance Journal*, 12: 91-93.
- Fudholi A.; Sopian, K.; Ruslan, M.H.; Alghoul, M.A.; Sulaiman, M.Y. (2010) Review of solar dryers for agricultural and marine products, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (1): 1-30.
- Gaspar, F.; Leeke, G. (2004) Comparison Between Compressed CO<sub>2</sub> Extracts and Hydrodistilled Essential Oil, *Journal of Essential Oil Research*, 16: 64-68.
- Geneva, M.P.; Stancheva, I.V.; Boychinova, M.M.; Mincheva, N.H.; Yonova, P.A. (2010) Effects of foliar fertilization and arbuscular mycorrhizal colonization on *Salvia officinalis* L. growth,

antioxidant capacity, and essential oil composition, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 696–702.

Ghasemi-Varnamkhasti, M.; Mohtasebi, S.S.; Siadat, M. (2010) Biomimetic-based odor and taste sensing systems to food quality and safety characterization: An overview on basic principles and recent achievements, *Journal of Food Engineering*, 100: 377-387.

Gobbo-Neto, L.; Lopes, N.P. (2007) Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários, *Química Nova*, 30 (2): 374-381.

Hanaa, A.R.M.; Sallam, Y.I.; El-Leithy, A.S.; Aly, S.E. (2012) Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods, *Annals of Agricultural Science*, 57 (2): 113–116.

Hasnain, S.M. (1998) Review on sustainable thermal energy storage technologies. Part I: Heat storage materials and techniques, *Energy Conversion and Management*, 39: 1127-1138.

Hassanain, A.A. (2010) Unglazed Transpired Solar Dryers for Medicinal Plants, *Drying Technology*, 28: 240-248.

Hassanain, A.A. (2011) Drying sage (*Salvia officinalis* L.) in passive solar dryers, *Research in Agricultural Engineering*, 57: 19–29.

Hassiotis, C.N. (2010). Evaluation of Essential Oil Antifungal Activity Against Mycorrhizal Fungi—The Case of *Laurus Nobilis* Essential Oil, *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 56 (1): 35-54.

Hollá, M.; Svajdlén, E.; Tekela, J.; Vavérková, S.; Havránek, E. (1997) Composition of the Essential Oil from *Melissa officinalis* L. cultivated in Slovak Republic, *Journal of Essential oil Research*, 9 (4): 481-484.

Hudaib, M.; Speroni E.; Di Pietra A.M.; Cavrini V. (2002) GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 29: 691-700.

Infante, R.; Rubio, P.; Contador, L.; Moreno, V. (2010) Effect of drying process on lemon verbena (*Lippia citrodora* Kunth) aroma and infusion sensory quality, *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 75–80.

Ivanovic, J.; Misic, D.; Ristic, M.; Pesic, O.; Zizovic, I. (2010) Supercritical CO<sub>2</sub> extract and essential oil of bay (*Laurus nobilis* L.) – chemical composition and antibacterial activity, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75 (3): 395–404.

Janjai, S.; Srisittipokakun, N.; Bala, B.K. (2008) Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, *Energy*, 33: 91–103.

Janjai, S.; Tung, P. (2005) Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices, *Renewable Energy*, 30: 2085–2095.

Kandi, M.N.H.; Sefidkon, F. (2011) The Influence of Drying Methods on Essential Oil Content and Composition of *Laurus nobilis* L., *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14 (3): 302-308.

Khazaie, H.R.; Nadjafi, F.; Bannayan, M. (2008) Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (*Thymus vulgaris*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*), *Industrial Crops and Products*, 27: 315–321.

Kennedy, D.O.; Wightman, E. L. (2011) Herbal Extracts and Phytochemicals: Plant Secondary Metabolites and the Enhancement of Human Brain Function, *Advances in Nutrition*, 2: 32-50.

Kiarostami, Kh.; Mohseni, R.; Saboori, A. (2010) Biochemical changes of *Rosmarinus officinalis* under salt stress, *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6 (3): 114-122.

- Kubeczka, K.H. (2010) History and Sources of Essential Oil Research. In: *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*, pp.3-38, K. Hüsnü Can Başer and Gerhard Buchbauer (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 991pp. (ISBN: 9781420063158).
- Li, Y.; Craker, L.E.; Potter, T. (1996) Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus Vulgaris*); *Acta Horticulturae*, 426: 419-426.
- Llorens, L.; Llorens-Molina; Agnello J.A.; Boira H. (2014) Geographical and environment-related variations of essential oils in isolated populations of *Thymus richardii* Pers. in the Mediterranean basin, *Biochemical Systematics and Ecology*, 56: 246-254.
- Langroudi, M.E.; Sedaghatthoor, S.; Bidarigh S. (2013) Effect of Different Salinity Levels on the Composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Essential Oils. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13 (1): 68-71.
- (MAM) Ministério da Agricultura e do Mar (2013) *As Plantas Aromáticas, Medicinais e Condimentares, Portugal Continental 2012*. Gabinete de Planeamento e Políticas.
- Mamedov, N. (2012) Medicinal Plants Studies: History, Challenges and Prospective, *Medicinal & Aromatic Plants*. 1 (8): e133.
- Mazid, M.; Khan, T.A.; Mohammad F. (2011) Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants, *Biology and Medicine*, 3 (2): 232-249.
- Muñoz, F. (1987) *Plantas Medicinales y Aromaticas. Estudio, Cultivo y Procesad*, Ediciones Mundi-Prensa (Ed.), Madrid, 365 pp (ISBN: 847114624X).
- May, A; Suguino, E.; Martins, A.N.; Barata, L.E.S.; Pinheiro, M.Q. (2010) Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função da altura e intervalo entre cortes, *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 12 (2): 195-200.
- Moradkhani, H.; Sargsyan, E.; Bibak, H.; Naseri, B.; Sadat-Hosseini, M.; Fayazi-Barjin A.; Meftahizade, H. (2010) *Melissa officinalis* L., a valuable medicine plant: A review, *Journal of Medicinal Plants Research*, 4 (25): 2753-2759.
- Mortezapour, H.; Ghobadian, B.; Minaei, S.; Khoshtaghaza, M.H. (2012) Saffron Drying with a Heat Pump – Assisted Hybrid Photovoltaic–Thermal Solar Dryer, *Drying Technology*, 30: 560-566.
- Muggeridge, M.; Clay, M. (2001) Quality specifications for herbs and spices. In: *Handbook of Herbs and Spices*, 1<sup>st</sup> Edition, pp.13-22, K. V. Peter (Ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 336 pp. (ISBN: 9781855735620).
- Müller, J.; Heindl, A. (2006) Drying of medicinal plants. In: *Medicinal and Aromatic Plants*, pp.237-251, R.J. Bogers, L.E. Craker and D. Lange (Eds.), Springer, Netherlands, 309 pp. (ISBN: 9781402054471).
- Murthy, M.V.R. (2009) A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 835–844.
- Najafian, S. (2014) Storage conditions affect the essential oil composition of cultivated Balm Mint Herb (Lamiaceae) in Iran, *Industrial Crops and Products*, 52: 575– 581.
- Nayak, S.; Kumar, A.; Mishra, J.; Tiwari G.N. (2011) Drying and Testing of Mint (*Mentha piperita*) by a Hybrid Photovoltaic-Thermal (PVT)-Based Greenhouse Dryer, *Drying Technology*, 29: 1002-1009.
- Nell, M.; Marlies, V.; Horst, V.; Siegrid, S.; Karin, Z.; Chlodwig, F.; Johannes, N. (2009) Effect of phosphorus uptake on growth and secondary metabolites of garden sage (*Salvia officinalis* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1090-1096.

- Nezhadali, A.; Azizollah, N.; Marzyeh, N.; Majid, R.; Mina, A.; Parastoo, P.; Fatemeh, A. (2014) Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran, *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (2): 87-92.
- Nezhadali, A.; Nabavi, M.; Rajabian, M. (2012) Chemical Composition of the Essential Oil of *Thymus vulgaris* L. from Iran, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15 (3): 368-372.
- Nieto, G.; Diaz, P.; Bañón, S.; Garrido, M.D. (2010) Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality, *Meat Science*, 84: 23-29.
- Nikolic, M.; Glamoclija, J.; Ferreira, I.C.F.R.; Calhelha, R.C.; Fernandes, A.; Markovic, T.; Markovic, D.; Giweli, A.; Sokovic, M. (2014) Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils, *Industrial Crops and Products*, 52: 183-190.
- Pereira, C.G.; Meireles, M.A.A. (2007) Economic analysis of rosemary, fennel and anise essential oils obtained by supercritical fluid extraction, *Flavour and Fragrance Journal*, 22: 407-413.
- Pino, J.A.; Rosado, A.; Fuentes, V. (1999) Composition of the Essential Oil of *Melissa officinalis* L. from Cuba, *Journal of Essential Oil Research*, 11 (3): 363-364.
- Polese, J.M. (2009) *Cultivo de Plantas Aromáticas*. Editorial Omega (Ed.), Barcelona, 96 pp (ISBN: 9788428215091).
- Porte, A.; Godoy, R.L.O.; Maia-Porte, L.H. (2013) Chemical composition of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil from the Rio de Janeiro State (Brazil), *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 15 (3): 438-441.
- Porte, A.; Godoy, R.L.O. (2008) Chemical composition of *Thymus Vulgaris* L. (thyme) essential oil from the Rio de Janeiro State (Brazil), *Journal of the Serbian Chemical Society*, 73 (3): 307-310.
- Poutaraud, A.; Girardin, P. (2005) Improvement of medicinal plant quality: a *Hypericum perforatum* literature review as an example, *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 3: 178-189.
- Raal, A.; Orav, A.; Arak, E. (2007) Composition of the essential oil of *Salvia officinalis* L. from various European countries, *Natural Product Research*, 21: 406-411.
- Rahimmalek, M.; Goli, S.A.H. (2013) Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*. Celak leaves, *Industrial Crops and Products*, 42: 613– 619.
- Ramos, C.; Teixeira, B.; Batista, I.; Matos, O.; Serrano, C.; Neng, N.R.; Nogueira, J.M.F.; Nunes, M.L.; Marques, A. (2012) Antioxidant and antibacterial activity of essential oil and extracts of bay laurel *Laurus nobilis* Linnaeus (Lauraceae) from Portugal, *Natural Product Research*, 26 (6): 518–529.
- Ranjitha, J.; Vijiyalakshmi, S. (2014) Facile Methods for the Extraction of Essential Oil From the Plant Species – A Review, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5 (4): 1107-1115.
- Rao, M.L.; Savithramma, N. (2012) Quantitative analysis of some secondary metabolites of *Svenssonia hyderabadensis* - A rare medicinal plant, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4: 519-521.
- Reverchon, E. (1997) Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products, *Journal of Supercritical Fluids*, 10: 1-37.

- Rohloff, J. (2004). Essential oil drugs – terpene composition of aromatic herbs. In: *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops, Quality Handling and Evaluation*, pp.73-128, Ramdane Dris and Shri Mohan Jain (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 524 pp. (ISBN: 9781402017001).
- Russo, A.; Formisano, C.; Rigano, D.; Senatore, F.; Delfine, S.; Cardile, V.; Rosselli, S.; Bruno, M. (2013) Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions, *Food and Chemical Toxicology*, 55: 42–47.
- Saeb, K.; Gholamrezaee, S. (2012) Variation of essential oil composition of *Melissa officinalis* L. leaves during different stages of plant growth, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, S547-S549.
- Saglam, C.; Atakisi, I.; Turhan, H.; Kaba, S.; Arslanoglu, F.; Onemli F. (2004) Effect of propagation method, plant density, and age on lemon balm (*Melissa officinalis*) herb and oil yield, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32: 419-423.
- Salgueiro, L.; Martins, A.P.; Correia, H. (2010) Raw materials: the importance of quality and safety. A review, *Flavour and Fragrance Journal*, 25: 253–271.
- Sangun, M.K.; Aydin, E.; Timur, M.; Karadeniz, H.; Caliskan, M.; Ozkan, A. (2007) Comparison of chemical composition of the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves and fruits from different regions of Hatay, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 28 (4): 731-733.
- Sárosi, S.; Sipos, L.; Kókai, Z.; Pluhár, Z.; Szilvássy, B.; Novák, I. (2013) Effect of different drying techniques on the aroma profile of *Thymus vulgaris* analyzed by GC–MS and sensory profile methods, *Industrial Crops and Products*, 46: 210– 216.
- Sell, C. (2010) Chemistry of Essential Oils. In: *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*, pp.121-150, K. Hüsnü Can Başer and Gerhard Buchbauer (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 991pp. (ISBN: 9781420063158).
- Sellami, I.H.; Wannes, W.A.; Bettaieb I.; Berrima, S.; Chahed, T.; Marzouk, B.; Limam, F. (2011) Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods, *Food Chemistry*, 126: 691–697.
- Semen, E.; Hiziroglu, S. (2005) Production, Yield and Derivatives of Volatile Oils from Eastern Redcedar (*Juniperus Virginiana* L.), *American Journal of Environmental Sciences*, 1 (2): 133-138.
- Serrano, E.; Palma, J.; Tinoco, T.; Venâncio, F.; Martins, A. (2002) Evaluation of the essential oils of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) from different zones of “Alentejo” (Portugal), *Journal of Essential Oil Research*, 14: 87-92.
- Sharma, A.; Chen, C.R.; Lan, N.V. (2009) Solar-energy drying systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 1185–1210.
- Singhal, R.S.; Kulkarni, P.R.; Rege, D.V. (2001) Quality Indices for Spice Essential Oils. In: *Handbook of Herbs and Spices*, 1<sup>st</sup> Edition, pp.22-33, K. V. Peter (Ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 336 pp. (ISBN: 9781855735620).
- Spiridonov, N.A. (2012) Mechanisms of Action of Herbal Chologogues. *Medicinal & Aromatic Plants* 1 (5): e107.
- Taarit, M.B.; Msaada, K.; Hosni, K.; Marzouk, B. (2010) Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress, *Food Chemistry*, 119: 951–956.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2002) Secondary Metabolites and Plant Defense. In: *Plant physiology*, 3<sup>rd</sup> Edition, pp. 283-308, Sinauer Associates, Inc. (Ed), Sunderland, 690pp. (ISBN: 9780878938230).

- Tounekti, T.; Munné-Bosch, S.; Vadel, A.M.; Chtara, C.; Khemira, H. (2010) Influence of ionic interactions on essential oil and phenolic diterpene composition of Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.), *Plant Physiology and Biochemistry*, 48: 813-821.
- Turek C.; Stintzing, F.C. (2012) Impact of different storage conditions on the quality of selected essential oils, *Food Research International*, 46: 341-353.
- Turek C.; Stintzing F.C. (2013) Stability of Essential Oils: A Review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: 40-53.
- VijayaVenkataRaman, S.; Iniyan, S.; Goic, R. (2012) A review of solar drying technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 2652– 2670.
- Viuda-Martos, M.; Ruíz-Navajas, Y.; Fernández-López, J.; Pérez-Álvarez, J.A. (2007) Chemical Composition of the Essential Oils Obtained From Some Spices Widely Used in Mediterranean Region, *Acta Chimica Slovenia*, 54: 921–926.
- Velasco, V.; Williams, P. (2011) Improving meat quality through natural antioxidants, *Chilean journal of agricultural research*, 71 (2): 313-322.
- Venskutonis, P.R. (1997) Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.), *Food Chemistry*, 59 (2): 219-227.
- Yahya, M.; K. Sopian; W.R.W. Daud; M.Y. Othman; B. Yatim (2008) Performance of a solar assisted dehumidification system for *Centella asiatica* L.. In: *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Power Systems (PS 2008)*, 23-25 September, Santander, 306–312 pp. (ISBN: 9789604740062).
- Zaouali, Y.; Bouzaine, T.; Boussaid M. (2010) Essential oils composition in two *Rosmarinus officinalis* L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities, *Food and Chemical Toxicology*, 48: 3144–3152.
- Zellner, B.A.; Dugo, P.; Dugo, G.; Mondello, L. (2010) Analysis of Essential Oils. In: *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*, pp.151-177, K. Hüsnü Can Başer and Gerhard Buchbauer (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 991pp. (ISBN: 9781420063158).